

53239

53239
53252

ACTA UNIVERSITATIS SZEGEDIENSIS

PARS CLIMATOLOGICA SCIENTIARUM NATURALIUM

CURAT: R. WAGNER

ACTA CLIMATOLOGICA

TOMUS X.

FASC. 1—4

SZEGED (HUNGARIA)

1971

Felelős kiadó; Dr. Wagner Richárd
71. 13327 Bács-Kiskun megyei Nyomda Vállalat, Kecskemét

THE PLACE OF METEOROLOGY IN THE EDUCATIONEL ACTIVITY OF SZEGED UNIVERSITY FROM 1921 TO 1971

by Á. NOVÁK

Zusammenfassung: (*Die Stelle der Meteorologie in der Unterrichtsaktivität der Universität Szeged von 1921 bis 1971* Seit 1921) ist die Universität in Szeged tätig, wo auch der Unterricht der Meteorologie seit einem halben Jahrhundert stattfindet.

Der Unterricht der Meteorologie zwischen 1921 und 1952 war die Aufgabe der Vorträger des Geographischen Instituts. Von 1921 bis 1944 waren die meteorologischen Vorträge mit dem Unterricht der physischen Geographie verbunden und in einen vierjährigen Zyklus eingebaut. Die Vorträger der Geographiestudenten für Meteorologie waren Károly KOGUTOWICZ, Gábor SCHILLING, Alfréd HILLE, Richárd WAGNER und die Titel der von ihnen angekündigten Vorträge waren Klimatologie, die physische Geographie der Luft, Allgemeine Atmosphärenkunde und Wetterkunde. Von 1945 bis 1952 wurden die teils mit der physischen Geographie verbundenen, teils ganz unabhängigen Vorträge („Wetterkunde, Klimatologie, Geographie des Luftverkehrs, Geographie der Atmosphäre“) und die praktischen Übungen („Geographische instrumentale Übungen,“) von WAGNER gehalten.

Mit ganz selbstständigen Unterrichts- und Untersuchungszielen schied sich 1952 das Geographische Institut II., das spätere Klimatologische Institut aus dem Geographischen Institut aus. Sein Direktor ist Prof. Richárd WAGNER, der auch seitdem die theoretischen und praktischen Stunden der Klimatologie hält. Als empfohlenes Spezialkollegium können die Studenten die Kollegien „Mikroklimatologie, Bioklimatologie (Vorträger WAGNER) und „Die allgemeine Luftzirkulation“ (Vorträger BÉLA BÉLL) wählen in denen die Ergebnisse der theoretischen und praktischen Forschungen des Institutes aufgearbeitet werden. Die Studenten im ersten Jahr nehmen unter der Leitung des Instituts an verpflichtenden mikroklimatologischen Geländeübungen teil; die Studenten der älteren Jahrgänge können Preisschriften und die Studenten im letzten Studienjahr Facharbeiten aus Klimatologie oder Mikroklimatologie einreichen.

Summary: There has been a university in Szeged since 1921, and the teaching of meteorology has also been continued there for half a century.

In the period 1921—1952 the teaching of meteorology was the duty of the lecturers of the Geographical Institute. From 1921 to 1944 the meteorological lectures were related to the teaching of natural geography and were given in a four year cycle. The lecturers in meteorological subjects to the geography students were KÁROLY KOGUTOWICZ, GÁBOR SCHILLING, ALFRÉD HILLE and RICHÁRD WAGNER, and the titles of their courses were Climatology, The physical geography of the air, General meteorology and Meteorology. From 1945 to 1952 the lectures, which were related in part to the natural geography and which were partly totally independent, (Meteorology, Climatology, The geography of aerial transport, and The geography of the atmosphere), and the practicals (Geographical instrument practice) (in the university climate station) were given by WAGNER.

7.) In 1952 the Geographical Institute Number II, later the Institute of Climatology, separated from the Geographical Institute with completely independent teaching and research duties. Its director was RICHÁRD WAGNER, who has held theoretical and practical courses in climatology since then. The students can select recommended special courses from the courses Microclimatology (WAGNER), Bioclimatology (WAGNER) and General atmospheric circulation (BÉLA BÉLL) treating the theoretical and practical research results of the Institute. Under the guidance of the Institute of Climatology, the first year students take part in compulsory microclimatological field practices, while the more advanced students and the final year students can prepare course work and dissertations, respectively, from climatology and microclimatology.

In the twentieth century the sciences in general, but particularly the technical and natural sciences, have developed by leaps and bounds. The development is the result of a simultaneously two-directional process: on the one hand it promotes, and even forces the formation of newer and boundary sciences: differentiation; on the other hand, because of its complexity it requires a temporary collaboration or a permanent fusion of related sciences: integration.

This two-directional state is to be found in the case of geography and meteorology, or more precisely climatology. The correct and complete elucidation of certain phenomena and processes and the defining of regularities can no longer be conceived without collaboration. If this common research studies a movement-form which belongs to neither one nor other of the sciences, it may be characterized by individual new regularities, and it may be possible to count on the development of a new method, and later perhaps of a boundary science. At the same time an opposite process also takes place: the two sciences devote great attention to the solution of problems in their own fields which have been studied only insufficiently or not at all, but simultaneously they synthesize in an ever wider sphere.

The slow beginnings of this process could be seen in higher education in Hungary at the turn of the century. It is possible that the importance of collaboration was not sufficiently realized by the specialists at that time. It is a fact, however, that the university students had to attend lectures on climatology in addition to geography. The same requirement was demanded of its students by the Geographical Institute of the University of *Kolozsvár*, which moved first to *Budapest* and then to *Szeged*. Although at first there was no question of the practical realization of the above-mentioned useful principles because of the difficult economic situation following the war, the fitting-out of the university which was only temporary to begin with, and the shortage of suitable teaching staff, shortly after the move to *Szeged* teaching had to be started in 1921 in spite of the unfavourable conditions.

Although there were no suitable lecture-rooms, fittings, or demonstration equipment, already in the second semester of the teaching year 1925—2, of 10 lessons scheduled in the timetable by the Institute, 3 were for „The physical geography of the air” which was the first treatment of a meteorological subject at *Szeged* University. From then on, disregarding a few exceptional years, some member of the Institute gave lectures on meteorology in nearly every year; this is shown by the following list:

1921—2 2nd semester The physical geography of the air.

3 lessons weekly

Lecturer: DR. GÁBOR SCHILLING

- 1924—5 1st semester General geography (Astronomical geography and climatology).
3 lessons weekly
Lecturer: Prof. KÁROLY KOGUTOWICZ
- 1925—6 1st semester The physical geography of the air.
2 lessons weekly
Lecturer: DR. G. SCHILLING
- 1925—6 2nd semester The physical geography of the air
2 lessons weekly
Lecturer: DR. G. SCHILLING
- 1928—9 1st semester Climatology.
2 lessons weekly
Lecturer: PROF. K. KOGUTOWICZ
- 1929—30 1st semester The physical geography of the air.
2 lessons weekly
Lecturer: DR. G. SCHILLING
- 1929—30 2nd semester The physical geography of the air.
2 lessons weekly
Lecturer: DR. G. SCHILLING
- 1931—2 1st semester General meteorology.
2 lessons weekly
Lecturer: DR. ALFRÉD HILLE
- 1932—3 1st semester Climatology.
2 lessons weekly
Lecturer: PROF. K. KOGUTOWICZ
- 1933—4 1st semester Meteorology. Part II.
2 lessons weekly
Lecturer: DR. A. HILLE
- 1935—6 1st semester Rudiments of meteorology and climatology.
2 lessons weekly
Lecturer: DR. A. HILLE
- 1936—7 2nd semester Climatology.
2 lessons weekly
Lecturer: PROF. K. KOGUTOWICZ
- 1937—8 2nd semester The geography of the atmosphere. (For 3rd and 4th year students)
2 lessons weekly
Lecturer: DR. G. SCHILLING
- 1938—9 1st semester Introduction to meteorology and climatology.
2 lessons weekly
Lecturer: DR. A. HILLE
- 1940—1 1st semester Meteorology.
2 lessons weekly
Lecturer: DR. A. HILLE
- 1940—1 2nd semester Climatology.
2 lessons weekly
Lecturer: PROF. K. KOGUTOWICZ

(From the University timetables of 1921—44.)

It can be perceived from the available data that between 1921 and 1945 several fields of meteorology were included in the teaching material. A particu-

lar cyclic character can also be observed in the lectures: a *general eight-semester periodicity*, within which certain studies were regularly repeated. For example the climatology lectures were given in 1924, 1928, 1932, 1936 and 1940, and in all cases consisted of two hours weekly over a period of one semester. In the intervening years the natural geography courses included physical geography and within this general meteorology lectures. Recognition is due to the Geographical Institute for not only recognizing the necessity of, but also putting into practice the teaching of a selected series of lectures on meteorology. In this way it became possible for the students' views to form in many directions in the interest of a given aim, by the presentation of tasks common to the various sciences in the recognition and changing of the geographical environment.

The cyclic character is not only observable in the case of the recurring themes, but also in the persons of the lecturers too. For instance, climatology was always lectured on in the period 1924—40 by KOGUTOWICZ. The physical geography of the atmosphere was taught up to 1931 by SCHILLING. From 1930 the teaching of meteorology was taken over by HILLE. Only on one occasion, in 1937, did SCHILLING again deliver his previous course on the geography of the atmosphere. In 1941—5 no lectures at all on meteorology were announced by the Geographical Institute.

The lectures were announced under the names of senior members of the teaching staff. However, it frequently happened that they were given, either from time to time or constantly, by the junior members. Thus for example, RICHÁRD WAGNER—who in 1930 became an unpaid assistant of the Geographical Institute—at times replaced Prof. KOGUTOWICZ in the climatology lectures; he was also regularly responsible for the courses „Geographical instrumental and mapping techniques” which were held almost every semester from 1930. These practicals had a meteorological connection too: the students became acquainted here, from 1924 in the square in front of the university building, with among others the instruments of the climatology station situated on the roof of the building, and mastered the methods of their handling and use, and at first under supervision, but later independently, took readings with the instruments. They had to study data recording, evaluation and utilization principles and methods. They also took part in small groups in the piloting.

The teaching activities of the Geographical Institute were apparently left out of consideration by a paper which appeared in 1926 in *Időjárás* (Weather) according to which:

„There is still no Department of Meteorology in Hungary, and meteorology is not even provided as an optional subject at the country's two universities. Thus the interest of students can not turn towards meteorology and the qualified teacher-trainees will not be in a position either to foster this interest in the younger generation in the secondary schools, an interest which once aroused would remain no matter to what later career they felt drawn. The committee (the committee of the Hungarian Meteorological Society — NOVÁK) has therefore sent a commission to the Minister of Education to make representations for the early commencement of technical instruction.”

From the above paper and decision of the Meteorological Society can be felt the just concern of the experts due to the neglect of the possibilities of applying meteorology in general in everyday life, and in particular in the teaching in schools. From the text, however, it cannot be decided unambiguously which two universities of the country are referred to in the sentences containing the

condemnation. Nor can it be ascertained whether it was known in Budapest of the courses in Szeged, and if the subject-matter taught in the Geographical Institute was known, whether it was considered to be on a technically suitable level. It is a fact, however, that the lectures listed appeared among the natural geography courses at Szeged University even in the 1920's, and for just this reason the above-quoted finding of the committee of the Hungarian Meteorological Society is in need of correction.

It might be asked whether the Hungarian meteorologists could have had reservations from a technical point of view as to teachers concerned at the Geographical Institute in Szeged. A satisfying answer can be given to the question with the examples of both KOGUTOWICZ and WAGNER. As a young geographer, KOGUTOWICZ became acquainted with research equipment and methods in the meteorological observatory of MIKLÓS KONKOLY THEGE at Ógyalla, where he even took part in the daily work. Hence it can be explained that later, as a professor at Szeged University, he recognized the importance of climatological research on the South Alföld (Hungarian Plain), and did much to create research conditions and to develop varied research activities. The interest towards microclimatology, the newly emerging branch of climatology, might be attributed to the same reason; he had established the research into this in the 1920's.

WAGNER graduated at Szeged. His studies in Budapest in 1928 to learn the theory and practice of piloting formed an important stage in the widening of his technical knowledge. He perfected his knowledge of piloting with GYÖRGY MARCZELL, an internationally recognized authority, whose personality, whose resolute unselfish and self-sacrificing activity in the service of meteorology, and whose attitude of not recognizing an impossible problem, exerted a permanent effect on him. The example of MARCZELL stimulated WAGNER to add to his knowledge constantly, and not to be satisfied with a level of knowledge once attained. The development of these human and research fundamentals ensured a very favourable basis for his later study-trip to the Meteorological Institute in Munich during which he worked for one year with Professors A. SCHMAUSS and R. GEIGER.

All these experiences further increased his thirst for knowledge, and it might be attributed to this that in the teaching he raised the level of requirements to a very high standard, both for himself and for his students. It is due to WAGNER's knowledge and erudition that at his meteorology and climatology lectures the students could become acquainted with the new research results. Thus, for instance, during his studies in Munich WAGNER became familiar with the paper of VAN BEBBER dealing with cyclones, he studied the cyclone theory of BJERKNES, etc. He passed on this knowledge to his students in the period when even well-known Hungarian geographers such as CHOLNOKY doubted the correctness of the findings of the founder and the developer of the theory. WAGNER accepted the cyclone theory and even dealt himself with the study of the routes of cyclones; he published a summary of his research results in 1937 under the title „A ciklonok útvonalai” („The routes of cyclones”).

In an account of the teaching work it is absolutely necessary to recognize the outlooks and ideologies of the teachers. Even in the 1930's, WAGNER declared that a natural scientist and geographer can not be an idealist. He himself acknowledged the principles of materialism, and held it necessary to consider, examine and treat the phenomena during his lectures in their development, in

process, in their relations, and in interaction. He was able to observe that the students could frequently not distinguish between the essential factors and those unimportant as regards the formation and change of the geographical landscape. He therefore defined the geographical factors which are essential and of a deciding nature from the point of view of the geographical landscape. He pointed out from several approaches that the landscape is formed and changes as a mutual effect of these. He stated that as a result of the mutual effects, if the researcher begins his examination of the landscape with the study of any of the factors, he always obtains the same result, and can determine the landscape he is studying by any approach route. The bearing in mind of the above is of fundamental importance in meteorology and climatology. The researcher must conceive and look for the relations between the phenomena, while the teacher has to teach and identify them at all instructional levels. WAGNER undertook to apply his examination method and view formed in connection with the geographical landscape in both the practical and the teaching work.

In the 1930's the teaching work was made easier by essential Hungarian and foreign meteorology and climatology handbooks. The following were in constant use at Szeged University: Zs. RÓNA: *Climate* (volumes 1 and 2) (1907—9); A. RÉTHLY and N. BACSÓ: *Weather and climate, and the weather of Hungary* (1938); the published studies of K. HEGYFOKI; A. HILLE: *The elements of flight, and Aeronautical meteorology*. The more important foreign works included: A. SUPAN: *Grundzüge der Physischen Erdkunde* (1937); A. HETTNER: *Die Klimate der Erde* (1930); A. BERGET: *The physical geography of the atmosphere* (1909); A. DEFANT and E. OBST: *Luftkühle und Klima* (1923).

All these technical books were available to the students too, and in the case of WAGNER written lecture notes could also be obtained.

In addition to the acquisition of technical books and journals, the Geographical Institute strived for the constant increase and naturally the constant use of equipment and material of help in illustration. It was attempted to educate the students so that later they too as teachers would continually add to the illustration material. The collection of the Geographical Institute very soon satisfied the requirements of the teachers in both quantity and quality. A large part was played in this by the very widespread international connections of KOGUTOWICZ. The collection consisted of more than 2000 slides, map and picture collections from all parts of the earth; this material was for the geographical teaching in general, but at the same time ensured adequate illustration for the meteorological courses.

The primary object of every teacher in the Geographical Institute was to enable well-graduated geographers to obtain a university diploma in Szeged. Thus the most essential requirement was the fruitful teaching of study material of a suitable standard. The working connections developed of necessity and primarily within the framework of the teaching, but at the same time the possibilities arising from the research work could not be assessed too highly. As has already been mentioned, the *Szeged Plain Research Committee* worked out a comprehensive, complex research programme including climatology among others. This had an effect on the teaching. Thus, for example, while the Geographical Institute tried to meet the expectations of the South Alföld with regard to local weather forecasting, at the same time some of the practical work was carried out with the participation of students. The latter came into contact with the research activity most simply in this way.

It was also important that the students should obtain not only mechanical part-problems but also independent objectives and separate assignments. An opportunity arose for this in the preparation of theses when the students were encouraged to carry out research mainly on the South Alföld. As a result of the above guidance, *the majority of the theses dealt with one or other research problem related to the Plain*. It can be established from the publications of the Institute that *there were some students interested in climatology*. Thus, it can be found for example in the KOGUTOWICZ memorial volume that KÁROLY LADÓCSY and IRÉN VÁRADY wrote studies of the climate of Kaposvár, and the rainfall conditions of Sub-Carpathia, respectively.

Mention must be made here of the characteristic attitude, the effect of which was reflected in all local publications with the exception of the Institute journal *Acta Geographica*. In WAGNER's opinion a place had to be given to the studies of the students among the publications of the teachers and researchers. The students were encouraged by this gesture: they were happy that even as beginners they could appear among the well-known, and they further felt it their duty to prove that they deserved this trust. The idea and the practice gave many students a taste of scientific work, and this may be the explanation of why so many of the geographers who finished their studies in Szeged became internationally recognized authorities and outstanding researchers in the fields of geography and biology. *For the students the already mentioned initial possibilities were provided by the publication „Földrajzi Szeminárium” [Geographical Seminar,] which appeared unfortunately for only two years.*

Having referred to the Földrajzi Szeminárium, in this context we must deal with the further teaching and at the same time human connections between the lecturers and the students; these likewise played a great part in the development of the effective work of the Geographical Institute. For instance, a data sheet was prepared on every student in the Institute; this reflected the results obtained in the examinations. On these sheets were not only the marks but the comments of the teachers on the abilities, etc. of the students. At examination time the personal sheets were with the examiner who knew in advance what he might expect from a candidate, while the latter had an idea of what achievement he might attain; perhaps the most important feature of the system was that the teacher could in advance prepare himself for the most effective method by which the student could be assisted as far as possible to reach the highest standard within his capabilities.

Also on the student-sheets appeared the schools, research institutes or other places where the students went after obtaining their diplomas. As a result of the good human relations formed with the teachers at the Institute, the ex-students considered it natural to return to Szeged from time to time or regularly, to talk about their work, to seek and if possible obtain help in the realization of their ideas.

A new possibility to publish was provided to the university teachers and students by the twentieth anniversary in 1939 of the start of KOGUTOWICZ's university teaching career. The *Kogutowicz Károly emlékkönyv (Kogutowicz memorial volume)* which appeared then was prepared and published mainly with the support of students and ex-students.

In addition to the aforesaid, unimportant seeming threads also had a part in the strengthening of the professional and human connections. Among these for instance were *the exhibitions which were organized fairly regularly by the*

Geographical Institute. These exhibitions in general gave an account of the results of the research on the Alföld, and among these of the climatological studies. The necessary documentary material, figures, sketch maps and graphs were prepared and arranged in the main by the students.

The second world war caused a severe break and setback in the development which had lasted for nearly a quarter of a century. The cyclic lecture-series were interrupted, the valuable books and journals, the equipment, the notes, and the results of the collecting work of many long years were all destroyed and lost.

Due to the consequences of the war, the teaching work of the Institute could begin again only in March, 1946. It is characteristic of the situation at that time that all of the teaching staff were crowded together into the one room which could be heated.

A change also took place in the leadership of the Institute. KOGUTOWICZ left Hungary at the end of the war and as his successor was appointed Prof. GYULA PRINZ, a geographer who was well known in Europe and an Asian explorer. The new leader of the Institute had previously not dealt at all with meteorology, but he considered that lectures in this subject were necessary. It was obvious to him that such lectures should be given by WAGNER. With this distribution of the work the teaching of geography students began again after the war.

In the initial period mainly the previously thoroughly elaborated climatological manuscript material was missed, but the collection of new material was set about at once. The landscape theory built on the interactions of geographical factors was published only years later (WAGNER, 1956). In Szeged circles his above study was accepted as the first Marxist theoretical geographical study.

After aeronautical geographical and settlement geographical studies, in 1950 the microclimate research which had been begun before the war was restarted in the Geographical Institute.

The questions of the research themes have been mentioned in some detail because they were closely related to the lecturers. In the teaching year 1947—8 the number of courses given was increased to include „Meteorology”, „Climatology”, „The geography of aerial transport” and „The geography of the atmosphere”.

The working conditions are demonstrated by the fact that, depending on the least demonstration material possible, the teaching had to be done with the absence of otherwise indispensable practical work. Due to the war damage, it was only possible to depend on the possibilities provided by the climate station moved to the roof of the university building, and this was substantially more modestly equipped than the previous one.

Meanwhile the source material necessary for the teaching was collected together, including F. KLUTE: *Handbuches der Geographischen Wissenschaft*, and in 1951 WAGNER compiled notes under the title „*Meteorology and climatology*” for the geography students, in which he relied on the material of the above-mentioned work.

By 1952 the damage and deficiencies caused by the war had been made good in the most essential points, relatively varied teaching activity had been developed, and the first experimental specimens of the microclimatological research equipment and instruments had been designed and made. At that time too, the conditions of

a major change had already been decided on; this was to be a turning point in both the teaching and the research work. The change was not delayed, and in 1952 the Geographical Institute Number II separated from the mother-institute.

The teaching of meteorology in the Institute of Climatology

With effect from 15 August 1952, WAGNER, who was appointed professor in the same year, was commissioned to establish the new Geographical Institute Number II. This name was not long-lived, and from September 1953 its final name became the *Institute of Climatology*.

The thirty-year old Geographical Institute and the Institute of Climatology have since then carried out teaching and research activities on the basis of the previously decided division of work. In addition to meteorology, the Institute of Climatology also received the task of teaching astronomical geography, mapping and projection. Besides these, the Institute of Climatology also carried out the teaching of some other courses up to 1957, when a final decision was made as to where certain subjects belong („Introduction to geographical science”, „Topography” and „Biogeography”).

The Institute's main research theme, microclimatology, received at first a slight, but later an increasingly large importance. Among others it is due to this latter fact that it became the task of the Geographical Institute to teach the temporary subjects, and the ratio of lectures more in keeping with the initial objectives of the Institute of Climatology increased. Such a course is „Climatology” which is given to the first and second year students in two lessons weekly, generally during two semesters; this course has been taught since 1952. In the teaching year 1954—5 the second year students could take microclimatology as a recommended special course in three lessons weekly, and from 1959—60 in two lessons weekly. From the second semester of 1959—60 the second-fifth year students could take bioclimatology as a recommended special course in two lessons weekly. The lectures listed above have been given by WAGNER since 1953. From the second semester of 1963—4 the sphere of recommended special courses was further widened by „Microaerology”, delivered by BÉLA BÉLL, director of the Aerological Observatory at Pestlőrinc, and soon afterwards a professor at Szeged University, in a total of ten lessons. From the second semester of the following year he gave lectures twice weekly on „The general circulation of the Earth's atmosphere”, and then on „General atmospheric circulation”. BÉLL became connected with the direction of the production practice of the students, and in 1959 he led the microaerological practicals for the first year biology-geography students.

Microaerology has obtained a role in the research work, and such studies have continued in Szeged since 1965. In connection with the group of themes mentioned, the Institute of Climatology has set itself the aim of elaborating the aeroclimate of Szeged. This research theme exerts an effect on the teaching work too; some of the students can specialize in this field and can deal in their theses with questions of the aeroclimate of Szeged. It can be stated unambiguously from the above that BÉLL's joining into the teaching and research work was a great gain for the Institute of Climatology.

Mention must be made here of further past and present teachers and researchers of the Institute of Climatology. As was mentioned earlier, in the be-

ginning WAGNER alone held all the announced lectures and practicals. Later, as a result of a planned staff development he could share his duties with more and more teachers and researchers. ÉVA BENEDEK, JÓZSEF MÁTYUS SZOLÁN, MIHÁLY ANDÓ, ÁKOS NOVÁK and JÓZSEF BOROS took part in the theoretical and practical climatology teaching, in the field work, and in the research activities connected with these; BOROS is still on the staff of the Institute. ÁRPÁD KISS is the lecturer in astronomical geography, and also participates in the research. In turn, ZOLTÁN WISCHÁN, LAJOS TIMÁR, IMRE HORVÁTH and ILONA K. BÁRÁNY have also collaborated in the research work; these four are biologists, and naturally their research themes were in accordance with this. BÁRÁNY is at present continuing her work in the Institute.

A high level is established for the students by the requirements of practical life, the continual increase of the teaching standard in schools, and the teaching demands of the Institute in meteorology and climatology. This is supported too by the experience of meteorology teaching during half a century, and in the end the present teaching material was shaped by these many components. Although the present teaching time is very limited (the number of lectures varies from one to three weekly per semester over one and a half years), with the stressing of the essential parts and the training of the students to perform independent work it has been possible to attain a state where the necessary material can be passed on to the students by up-to-date methods. The aim to be reached during the teaching is very concisely defined by the latest subject guide as follows:

„... the teaching of the phenomena and regularities of the climate, and the demonstration of an interaction connected with the other geospheres.”

The aim of the practicals, in close relation to the theory, is:

„... an account of the more important meteorological instruments, illustration of the methods of elaboration of meteorological data, independent measuring, instrument handling, setting up of stations and instruments, independent elaboration of the experimental data.”

During the lessons the students receive a historical survey of the development and tasks of meteorology, get acquainted with the necessary concepts, learn about the atmosphere, its phenomena and processes, the elements of the climate, and the classification of the climate, and master the fundamentals of microclimatology. In the practical work they become acquainted with methods of data collection and elaboration, relying on the traditional and most developed techniques. All these, together and separately, serve the practical teaching interests, and render it possible that during and outside the teaching, as far as the given possibilities allow, the knowledge should be used for practice (*Guide*, 1970).

Since 1955, after the end of the teaching year the first year geography students have had to study, among other things, the the equipment and methods of microclimate research on a 2—3 week *field practice*. The Institute has recently created a *link between the field practicals and the research aims*, such that the field practicals are held in some research area. Thus, to a certain extent the research depends on the work of the students. In this case of course allowance has to be made for errors arising from their inexperience, but it can be stated that as a result of the conscientious preparations by the staff of the Institute the students produce completely satisfactory results after a relatively short training period.

The teaching handbooks have already been mentioned, but it is still necessary to deal with the studying conditions of the students and the available publications of a textbook nature. The notes compiled by WAGNER in 1951 went out of print shortly after their preparation. The difficulties were ironed out by the first volume of the textbook „*General natural geography*”, in which climatology was treated in accordance with its importance. At the beginning of the 1960's and latterly in 1968 there appeared the commonly written notes of BERÉNYI, DOBOSI and WAGNER entitled *Climatology*. In addition the library of the Institute is available to the students; this contains both the older, historically important and the latest research results, together with the continually expanding journal material from all parts of the world. The deepening of the students' knowledge of the subject, and the development and raising to an adequate level of their practical abilities is assisted not only by the production practice but also, within the teaching framework, by their acquaintance with the work of a climate station, and often by their regular participation in the observation work outside their normal training: the preparation for processing from several viewpoints of data obtained during microclimate investigations, etc.

Every teacher of the Institute of Climatology feels it his duty to develop multiple connections with the students and to strengthen them consciously. In the Institute of Climatology the geography student can study outside the teaching time, and can join in the research activity; since the teaching year 1960—1 he can present as course work his research results (which may be of scientific value) obtained in directed or independent work in the fields of climatology or microclimatology. These favourable possibilities and also the field studies in the summer period (in which the students can similarly take part) have encouraged several ambitious young students to prepare doctoral dissertations after obtaining their diplomas. It is possible to attribute to these relations the phenomenon, which has now become practice, that the majority of the teachers in the Institute received their professional start from the leader of the Institute as young students, and as a result of this themselves work in the Institute of Climatology as university teachers and researchers.

It must be mentioned in connection with questions of the teaching in what teaching forms and for the students of which subjects lectures are given by the teachers of the Institute. The teaching forms are the following: in the day classes the students who have successfully completed their secondary school education attend the lectures in the full number of hours. In the correspondence classes teacher trainees who are not in possession of university or professional graduation certificates can obtain teaching diplomas by attending a smaller number of classes, but by satisfying the same examination demands as the day students. *Up to 1950 the geography students belonged to the Arts Faculty, but since then to the Faculty of Sciences.* Since 1952 the pairing of the students' courses has changed on several occasions as follows:

- to 1955 geography — geology
- from 1955 to 1957 geography — history
- from 1955 to 1965 geography — biology
- from 1966 geography — mathematics

In 1955 there were simultaneously two types of subject-pairing. At that time, for the second year geography-geology students the place of geology as second subject was taken by history. In the same year, on the other hand,

the first year students began their studies with geography-biology. Up to 1957 the courses lasted for four years, and since then for five years.

In the correspondence classes there are one-subject (geography) and two-subject (geography-biology) courses. Depending on the previous qualifications of the students and on whether the courses are one- or two-subject, the studying time can be two, two and a half, three, four, five or six years. The correspondence students attend lectures on climatology and take part in climatology practicals in the first year.

Recapitulation

The jubilee volume summarizing the results of the *National Meteorological Service* attained in Hungary over one hundred years (*Chapters ... 1970*) confirms with very rich material the very high scientific importance of that work. Since it surveys primarily the development of the national institute, it can understandably only touch upon the Institute of Climatology in Szeged and its predecessor and their relevant research activities. This is even truer for the teaching work. It can be read in the above volume of the separation from the Geographical Institute „... of the Institute of Climatology of Szeged University, led by Prof. RICHÁRD WAGNER.” Then later there is: „... all three university institutes are in connection with the meteorological service.” These few sentences can in no way give a complete factual account, and still less of course an evaluation. It has been attempted to make up for this deficiency with a survey of the past fifty years of meteorology teaching in Szeged University.

Looking back over the last half century it can be stated that the meteorological studies beginning from the first years of the operation of the university in Szeged before the second world war, but mainly after the formation of an independent Institute of Climatology, have provided fundamental knowledge to several hundred geography students, helped in the demonstration of the links with related sciences, and have given valuable support to a number of students in the beginnings of their scientific careers. What was previously strived after with the initial results was completely achieved from 1952 in the joining of the theory and practice, and in the totally responsible carrying out of teacher training. Although the teaching aims twice had to be attained starting practically from scratch, the tremendous efforts and the diligent work brought the desired result.

REFERENCES

- Chapters from the history of Hungarian meteorology. 1870—1970. Budapest, 1970. 15.
LADOCZY, K. (1939): Kaposvár éghajlata. — Kogutowicz Károly emlékkönyv. (The climate of Kaposvár. — Károly Kogutowitz memorial volume.) Szeged. 337—342.
Committee meeting of the Hungarian Meteorological Society (9 March 1926). *Az Időjárás* (The Weather) 2 (30), 53.
NOVÁK, Á. (1970): Data for history of meteorological reseraches in Szeged. *Acta Clim. Univ. Szegediensis* 9, 3—21.
University timetables. Szeged. 1921—1971.

- Guide. Mathematics-geography courses. József Attila University Science Faculty, Szeged. 1970. 3. 59—62.
- VÁRADY IRÉN (1939): Kárpátalja csapadékviszonyai. — Kogutowicz Károly emlékkönyv. (Rainfall conditions of Sub-Carpathia. — Károly Kogutowitz memorial volume.) Szeged. 461—542.
- WAGNER, R. (1935—6): Földrajzi Szeminárium (Geography Seminar). (Editor) Szeged.
- WAGNER, R. (1937): A ciklonok útvonalai (The routes of cyclones.) Búvár 3. 617—9.
- WAGNER, R. (1939): Kogutowicz Károly emlékkönyv (Károly Kogutowitz memorial volume.) (Editor) Szeged.
- WAGNER, R. (1956): A táj fogalma (The concept of landscape.) Földr. Közl. (new series) 4 (80), 335—354.

ÜBER DIE WINDVERHÄLTNISSE DER UNTEREN TROPOSPHÄRE IN SZEGED

von B. BÉLL

Summary: (*Wind Conditions of the Lower Troposphere at Szeged*) At Szeged, in southern Hungary, in an orographically undisturbed region of the Hungarian Alföld (Lowlands), aerological measurements have been executed since the year 1925: in the period 1925—1931, pilot balloon measurements and aircraft ascents, in the ensuing years, upper wind measurements and since the year 1953 radiosoundings have been carried out. In this paper, the series of data for the periods 1949—1953 and 1954—1963 were selected with the purpose of investigating the vertical extension of some characteristics of the wind field on the Hungarian Alföld and particularly on the southern parts of the region beyond the Tisza river, which are already known to exist, from earlier climatological investigations, in the near-the-ground layers (see References).

In the seasonal distribution of wind direction frequencies, the macroclimatological factors are typically reflected, which are influencing wind conditions in Central Europe: these are the thermal interactions existing between the Atlantic, or the Mediterranean and the continent, as well as the much debated monsoonal or monsunoid character of the climate in Europe and particularly in Central Europe (see the detailed investigation of R. WAGNER on the paths of cyclones over Europe cited among the References).

As the upper wind measurements at Szeged are executed in a region relatively undisturbed by immediate orographical influences, they have been found to be particularly suitable ones for a three-dimensional investigation of the wind structure in the Hungarian Alföld. Wind observations extended to the lower 3 kilometers of the troposphere are indicating that the influences of the there climatical factors recorded at the central part of the Hungarian Alföld, that is, the influences of the Atlantic, of the Mediterranean and the Eurasian mainland are well recognizable ones also in the upper layers. As a consequence of the cyclonal activity which is transmitting the marine influences, and as a consequence of the continental influence, the double maximum recognized in the wind direction frequencies (i. e. the grouping of the most frequent wind directions in winter within the SW quadrant and in summer within the NW quadrant) is with height tending to become more close one to the other and over 3 km they are approaching the main western current of the lesser disturbed upper troposphere.

The so-called characteristic wind directions of the winter and the summer (i. e. wind direction, the frequencies of which are higher in the season in question than in the opposite season) are indicating that, within the climate of the decade investigated, maritime influences are rather prevailing over the much more weakly occurring wintery continental influences, which are even not statistically verified.

Zusammenfassung: In der Stadt Szeged in Südungarn werden in einer orographisch ungestörten Lage (im Flachland) seit 1925 aerologische Messungen durchgeführt: in der Zeit von 1925 bis 1931 waren es Pilotwindmessungen und Zustandsmessungen im Flug-

zeug, dann Höhenwindmessungen und ab 1953 Zustandsmessungen mit der Radiosonde. Aus dem Material der Höhenwindmessungen wurden die Beobachtungsreihen 1949—1953, bzw. 1954—1963 ausgewählt für eine ausführlichere Analyse der Besonderheiten der Windverhältnisse und für eine Untersuchung der vertikalen Erstreckung solcher Besonderheiten auf der Ungarischen Alföld (Tiefebene) und besonders auf dem südlichen Teil des Gebietes jenseits des Tisza Flusses, welche durch die klimatologischen Untersuchungen in den bodennahen Schichten schon früher festgestellt wurden (s. Schrifttum).

In der jahreszeitlichen Verteilung der Windrichtungshäufigkeiten spiegeln sich charakteristisch die grossklimatischen Faktoren, durch welche die Windverhältnisse Mitteleuropas bestimmt werden, namentlich: die gegenseitige thermische Wirkung des Atlantischen Ozeans und des Mittelmeergebietes einerseits und des Festlandes andererseits, dann die viel umstrittenen monsunalen oder monsuntartigen Besonderheiten des europäischen, bzw. mitteleuropäischen Klimas (s. im Schrifttum die eingehenden Untersuchungen von R. WAGNER über die europäischen Zyklonenbahnen).

Die in Szeged ausgeführten Höhenwindmessungen, da sie einem orographische verhältnismässig wenig gestörten Gebiete entstammen, erwiesen sich als besonders geeignet zu einer Untersuchung der dreidimensionalen Windstruktur der Ungarischen Alföld. Aus den sich auf die unterste 3-Kilometer-Schicht der Troposphäre erstreckenden Windbeobachtungen und aus den daraus gezogenen Folgerungen geht es hervor, dass der Einfluss der in der Mitte der Ungarischen Alföld sich geltend machenden klimatischen Faktoren, d. h. die Einflüsse, welche vom Atlantischen Ozean, vom Mittelmeer und von dem eurasiatischen Festlande ausgeübt werden, auch in den höheren Schichten noch gut erkannt werden können. Als eine Folge der zyklonalen Tätigkeit, durch welche die maritimen Einflüsse übermittelt werden, und als eine Folge der kontinentalen Einflüsse, erhält man ein Doppelm Maximum in der jährlichen Windrichtungshäufigkeit (die häufigsten Windrichtungen befinden sich im Winter hauptsächlich in SW-Quadranten und im Sommer im NW-Quadranten); in der unteren Troposphäre findet eine Annäherung dieser beiden häufigsten Richtungen gegen einander statt und über 3 km Höhe hat man eine Anschmiegung an die hier schon weniger gestörte westliche Grundrichtung der oberen Troposphäre durch die Ausbildung einer einheitlichen vorherrschenden Windrichtungsgruppe.

Die sogenannten charakteristischen Windrichtungen des Winters und des Sommers (welche eine zunehmende Häufigkeit gegenüber der entgegengesetzten Jahreszeit aufweisen) ergeben für das Klima des vergangenen Jahrzehntes eher das Übergewicht der maritimen Einflüsse gegenüber der kontinentalen Einflüsse, da die letzteren nur im Winter und in viel schwächerer Weise auftreten und im statistischen Sinne nur unsicher belegt werden können.

Neben Budapest ist Szeged die wichtigste Basis der aerologischen Forschungen in Ungarn. Die Ballonsonden-Aufstiege und Höhenwindmessungen der Meteorologischen Zentralanstalt, welche noch in der Vorkriegszeit 1913 durch G. MARCZELL angebahnt wurden, mussten am Ende des Jahres 1914 unterbrochen werden. In den Kriegsjahren und den Nachkriegsjahren wurden zwar in der Zeit 1915—1921 vereinzelt Höhenwindmessungen in Budapest ausgeführt, doch wurden die Ergebnisse nicht veröffentlicht, und die Aufzeichnungen sind nach jeder Wahrscheinlichkeit verloren gegangen. Diese zwar begeisterungsvolle, aber an Ergebnissen ziemlich bescheidene erste Epoche wurde dann noch durch 22 Höhenwindmessungen ergänzt, welche von T. ANGEHRN und J. FÉNYI, beide Direktoren der Sternwarte Kalocsa in Südbudapest, an den internationalen Beobachtungstagen dort ausgeführt wurden.

Mit regelmässigen aerologischen Messungen wurde in den Nachkriegsjahren zuerst in Szeged begonnen, und zwar 1925. Vom 14. Mai 1925 hat hier der Privatdozent der Universität Szeged, A. HILLE, Flugzeugaufstiege an den internationalen Beobachtungstagen unternommen mit Hilfe eines Bosch'schen Meteorographen und eines Bristol-Doppeldeckers. Diese Flugzeugaufstiege an den internationalen Beobachtungstagen wurden bis Ende Juni 1931 vortgesetzt. Im Laufe der 6 Jahre wurden 79 Aufstiege durchgeführt. Das gesamte Beobachtungsmaterial wurde in den Jahrbüchern der Meteorologischen Zentralanstalt veröffentlicht. Die meteorologischen Zustandsmessungen wurden durch Pilotballonbeobachtungen ergänzt.

An den aerologischen Messungen in Szeged hat ab 1928 als Vertreter des Geographischen Instituts der Universität Szeged der Universitätsassistent RICHARD WAGNER teilgenommen, und derselbe hat, in Zusammenarbeit mit G. MARCZELL, regelmässige Pilotmessungen eingeführt. Das Beobachtungsmaterial des Jahres 1930 wurde in den Wissenschaftlichen Veröffentlichungen der Universität Szeged, das Material der Jahre 1931—1932 hingegen im Rahmen der Wetterberichte veröffentlicht, welche durch das Geographische Institut in den Tageszeitungen publiziert wurden.

Nach Beendigung des zweiten Weltkrieges kam es in Ungarn auch in der aerologischen Forschung zu einer bedeutenden Entwicklung. Der Beginn des binnenländischen Flugverkehrs und später die Entwicklung des internationalen Flugverkehrs machte es notwendig, einen Höhenwindbeobachtungsnetz zu schaffen. Die Meteorologische Zentralanstalt organisierte in 1948 tägliche Pilotmessungen in den Städten Debrecen, Szeged und Szombathely. Dieses Höhenwindmessungsnetz wurde in 1949 mit der Station Pécs, in 1950 mit den Stationen Miskolc und Győr, in 1953 mit der Station Nagykanizsa ergänzt und in 1957 wurde die letztere Beobachtungsstelle durch die Station Siófok abgelöst.

In Szeged wurden am Anfang (1948) nur an den internationalen Tagen in April Pilotbalonaufstiege ausgeführt. Mit systematischen, täglichen Aufstiegen wurde erst ab 1. September begonnen. Die Aufstiege wurden nach Möglichkeit in den Morgen- bzw. Vormittagsstunden ausgeführt. Die Pilotmessungen sowie die meteorologische Station wurden im Klimatologischen Institut der Universität Szeged untergebracht. Die Ballone liess man aus dem Turm des dreistöckigen Gebäudes Táncsics Mihály út 2 aufsteigen (geographische Koordinaten: 46° 15' N, 20° 09' E, 110 m). Die Aufsicht der Messungen wurde durch Universitätsprofessor RICHARD WAGNER, dem Direktor des Klimatologischen Institutes ausgeübt. Die Messungen wurden in der Mehrzahl durch J. ABONYI, den späteren Leiter des Aerologischen Observatoriums zu Szeged, und Z. RÉPÁSSY ausgeführt, beide sind auch heute noch (1971) tätige Mitarbeiter des aerologischen Dienstes in Szeged.

Die Pilotballonmessungen wurden fünf Jahre lang im Gebäude der Universität Szeged vorgenommen. Ab 1. Januar 1953 wurden die Messungen am Flughafen Szeged weitergeführt (geographische Koordinaten: 46° 15' N, 20° 26' E, 85 m). Ab April dieses Jahres wurden, den Ansprüchen des Luftverkehrs angepasst, womöglich zwei Aufstiege täglich ausgeführt, am Frühhmorgen und in den Mittagsstunden.

1962 wurde in der Nähe des Flughafens das zweite aerologische Observatorium unseres Landes fertiggestellt, wo im Rahmen der Meteorologischen Zentralanstalt ab 1. Januar 1962 täglich zweimal (00^h und 12^h GMT) Luft-

druck-, Temperatur- und Feuchtigkeitsmessungen mittels Radiosonde vorgenommen werden, und durch einen dritten Aufstieg Höhenwindmessungen stattfinden.

Die im Laufe des vergangenen Jahrzehntes gesammelten Höhenwindangaben können dazu verwendet werden, um die vertikale Erstreckung derjenigen Strömungsbesonderheiten zu beurteilen, welche in Bodennähe im Laufe der klimatologischen Verarbeitungen festgestellt werden konnten, bzw. festzustellen, welche Modifikationen derselben mit der Höhe auftreten. Freilich müssen die örtlichen Besonderheiten der Windverhältnisse so aufgefasst werden, dass sie einen Ausdruck der Strömungsverhältnisse eines grösseren natürlichen Gebietes bilden. Dadurch wird es erforderlich, auch die Angaben der übrigen ungarischen Höhenwindbeobachtungsstellen zu berücksichtigen. Unter diesen Stationen erfreut sich Szeged, infolge der tiefländischen Umgebung, der freiesten Lage. Bei der Verwendung der ungarischen Pilotmessungen werden wir innerhalb dieses Aufsatzes, in unserer Bestrebung nach Homogenität, die Ergebnisse der Pilotmessungen in Szeged verwenden. Die Bearbeitung einer zumindest zehnjährigen Reihe der Radiosondenbeobachtungen kann erst in einigen Jahren verwirklicht werden, und sie wird zweifellos dazu führen, dass die aus den Pilotballonbeobachtungen gezogenen Folgerungen noch mit weiteren wertvollen Ergebnissen ergänzt werden können.

Infolge der Beschränkungen der Pilotballonmessungen (Abnahme der Zahl der vorhandenen Aufstiege mit der Höhe. Überwiegen der sogenannten Schönwetter-Aufstiege) haben wir uns bei deren Verarbeitung auf die unteren 3 Kilometer der Troposphäre beschränkt. In einer grösseren Höhe treten schon bedeutende Abweichungen auf zwischen den Ergebnissen der Pilotballonaufstiege und der Radiosondenaufstiege (BUCSY 1964).

Vor allem sollen die Besonderheiten zusammengefasst werden, welche betreffend der Windverhältnisse von Szeged in der bodennahen Schicht erkannt werden konnten. Die klimatologischen Karten und Monographien, welche in den siebziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts über die Windverhältnisse Mitteleuropas veröffentlicht wurden (RIKATCHEFF, KÖPPEN, SUPAN, VOEIKOF, HANN) waren bestrebt, eine Erklärung für das angebliche Auftreten eines allgemeinen Nordwestwindes in Ungarn, gleichwohl für das Sommerhalbjahr als auch für das Winterhalbjahr, zu finden. Diese Voraussetzung stützte sich nach der Ansicht von RÓNA (1909) auf die alten Beobachtungen in Buda und kann durch die geringe Zahl der zuverlässlichen Windbeobachtungen erklärt werden. Die erste grundlegende Arbeit, welche über die Windverteilung in Ungarn veröffentlicht wurde, war die Monographie von K. HEGYFOKY (1894), welche in 1894 veröffentlicht wurde und sich auf die Beobachtungsreihe des Jahrzehntes 1876—1885 stützte.

Der grösste Teil der in dieser Arbeit enthaltenen Feststellungen ist heute noch stichhaltig. Die Windverhältnisse der von Gebirgen umgebenen ungarischen Alföld (Tiefebene) kann durchwegs dadurch gekennzeichnet werden, dass „der Wind, ebenso wie das Wasser, eine Strömung besitzt, welche nach den niedriger gelegenen Gebieten, d. h. von den Bergen nach der Ebene gerichtet ist“. Diese Betrachtung wurde auf Grund zuverlässlicher Beobachtungen aufgestellt doch erscheint die in ihr enthaltene Begründung als fraglich. Diese Auffassung, welche in der späteren Arbeit durch D. BERÉNYI (1932) eine richtige Bewertung erfuhr, bestand somit darin, dass nach der Beurteilung von HEGYFOKY, das Theissgebiet (somit sozusagen der Mittelpunkt der

Alföld) wäre das Zentrum, wohin die Luftströmungen meistens gerichtet sind. Das Landesgebiet wurde durch HEGYFOKY auf Grund der Besonderheiten der Windrichtungen auf 11 Teilgebiete aufgeteilt. Für den mittleren Teil der Alföld (wozu auch die Gegend von Szeged gerechnet werden soll) wird festgestellt, dass die häufigste Windrichtung die südliche ist und die zweithäufigste Richtung ist die nördliche. Bei einer Verarbeitung nach Jahreszeiten fand HEGYFOKY, dass der Südwind im Winter, im Frühjahr und im Herbst die erste Stelle und der Nordwind die zweite Stelle einnimmt. Im Sommer hingegen ist auf der gesamten Alföld der Nordwind vorherrschend und der Südwind wird auf den zweiten Platz zurückgedrängt.

Zs. RÓNA (1909) teilt unter Anderem auch die Windrichtungshäufigkeit in Szeged für den Zeitraum 1891—1900 mit. Im Durchschnitt des ganzen Jahres wurden für die Richtungen NW (25,6%) und SE (20,1%) die grössten Häufigkeiten gefunden (bei einer Gruppierung nach 8 Haupt- und Nebenrichtungen und Windstille). Auch in einzelnen Jahreszeiten waren diese beiden Richtungen vorwiegend. Die Überlegenheit des NW über SE war am grössten im Sommer (31,7: 12,9) und im Winter am geringsten (23,4: 19,8), doch wurde die Reihenfolge im Herbst umgekehrt und SE nimmt die erste Stelle ein mit einem Verhältnis von 26,2 : 19,4. Durch RÓNA wird festgestellt, dass in Szeged von Herbst durch den Winter bis zum Frühjahr eine Häufigkeitsabnahme der Richtung SE und eine Häufigkeitszunahme der Richtung NW auftritt. Die Feststellungen von RÓNA, welche sich auf Windverhältnisse Mitteleuropas beziehen und hier etwas abgekürzt mitgeteilt werden sollen, weisen auf das

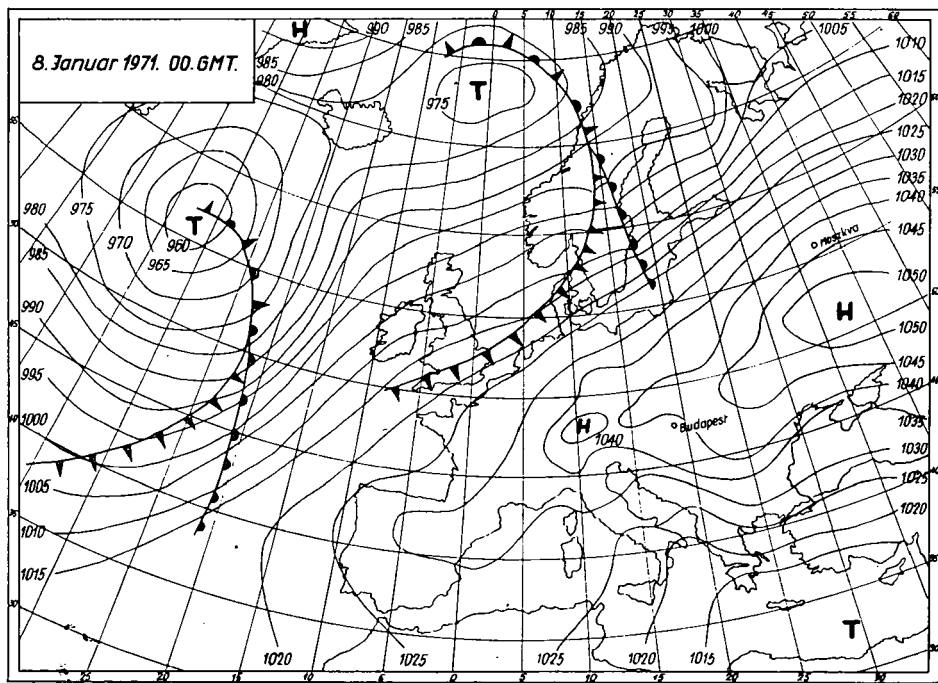


Abb. 1. Typische winterliche antizyklonale Wetterlage über Mittel- und Osteuropa

Wesen der verwickelten Windverteilung in Ungarn hin. RÓNA schreibt: wie bekannt, sind in Mitteleuropa die westlichen Winde vorherrschend, und zwar besitzen im Winter mehr die südwestlichen und im Sommer die nordwestlichen Winde das Übergewicht. Das mitteleuropäische Windsystem wird namentlich vornehmlich durch die Zyklonen, welche auf den nördlichen Teilen des Atlantischen Ozeans erscheinen, gesteuert, in erster Reihe in der kalten Jahreszeit (atlantisches Windsystem). Die Winde in Ungarn werden aber auch durch die mediterranen Zyklonen beeinflusst, welche sich über dem Mittelmeer bilden, und demzufolge gibt es hierzulande eigentlich eine Trennungslinie zwischen den atlantischen und mediterranen Windsystem. Nach RÓNA ist diese Trennungslinie mit der „kontinentalen Achse“ von VOEIKOF identisch, welche sich in der Winterzeit oft über Ungarn mit einer WSW — ENE Richtung erstreckt und als eine Trennungslinie zwischen den Gebieten mit Nord- und Südströmung gelten kann (ein typischer Fall wird an Abb. 1 angeführt). Die Feststellungen von RÓNA wurden dann in Einzelheiten ergänzt durch die ausführlichen Verarbeitungen von DEFANT (1924), R. WAGNER (1931), KAKAS (1947) und BACSÓ (1959), sowie durch das Werk „Klimaatlas von Ungarn“ (Red. KAKAS 1960, 1967).

Jedenfalls besteht die Tatsache, dass in den Windverhältnissen des Karpatenbeckens die regionalen Windsysteme von Mitteleuropa und die orographischen Wirkungen gleichzeitig widerspiegelt werden. Die ersteren können erfolgreich untersucht werden mit Hilfe der synoptisch darstellenden Methoden der Beschreibung der zyklonalen und antizyklonalen Tätigkeit, und die letzteren mit Hilfe einer lokalen, auch auf die Einzelheiten eingehenden Analyse der Windverhältnisse mehr statistischen Charakters.

Es wurde schon durch RÓNA erkannt, dass die jahreszeitlich sich wechselnde Windrichtungshäufigkeit der Alföld und somit auch von Szeged mit den häufigsten Zugstrassen der Mitteleuropa überquerenden Zyklonen erklärt werden kann. Die klassischen Bearbeitungen durch VAN BEBBER (1891) gründeten sich auf die Angaben aus den Jahren 1876—1880 und bestimmten in grossen Zügen die häufigsten Zugstrassen der Zyklonen über Europa. R. WAGNER hat in den 1930-er Jahren aus einem mehr reichhaltigen Material des Zeitraumes 1926—1930 unter Verwendung zeitgemässeren synoptischen Methoden den Versuch von VAN BEBBER fortgeführt und konstruierte die bedeutendsten Zugstrassen der angeführten Periode (WAGNER 1935—1936, 1937).

Ein bedeutender Teil der Zyklonen, durch welche die Windverhältnisse Mitteleuropas am meisten beeinflusst werden, trat in Island auf, permanenten Aktionszentrum der Nordhalbkugel, etwa 40% aller während der Untersuchungsperiode über Europa hinwegziehenden Zyklonen. Die zweite Stelle wird von den für Ungarn ebenfalls wichtigen Zyklonenbahnen eingenommen, welche aus dem westlichen Becken des Mittelmeeres ausgehen (hierher gehören 25% der Zyklonen). Die dritte Gruppe der Zyklonenbahnen (mit rund 15% aller Zyklonen) verlief von Irland nach Osten und Nordosten (Abb. 2.).

Die durch WAGNER konstruierten Zyklonenbahnen verlaufen, im westatlantischen Raume beginnend, entsprechend der west-östlichen Richtung der allgemeinen Zirkulation, nach dem Inneren des Festlandes. Ihre meridionale Komponente ist verhältnismässig gering, doch ist eine nördliche oder südliche Ablenkung der west-östlichen Bahnen für einige Länder, unter ihnen auch für Ungarn, von entscheidender Bedeutung (z. B. die Bahnen V/b und III/a).

WAGNER fand einen kennzeichnenden jahreszeitlichen Unterschied in der Gestaltung der Zyklonenbahnen. In der Winterzeit war der Rumpf des Kontinentes verhältnismässig zyklonenarm (Fig. 3a) im Vergleich zu den Meeren an Tiefdruckgebilden sind. Hauptsächlich gilt dies vom warmen Mittelmeer. Die Zyklonen, welche aus dem Raume von Island und Irland stammen, schlugen Zugbahnen ein, welche weit nördlich von Ungarn verlaufen. Im Vergleich zur jährlichen Zahl und besonders zur sommerlichen Zahl hat die Zahl der mediterranen Zyklonen im Winter kräftig zugenommen, welche dort in einer westöstlichen Richtung wandern.

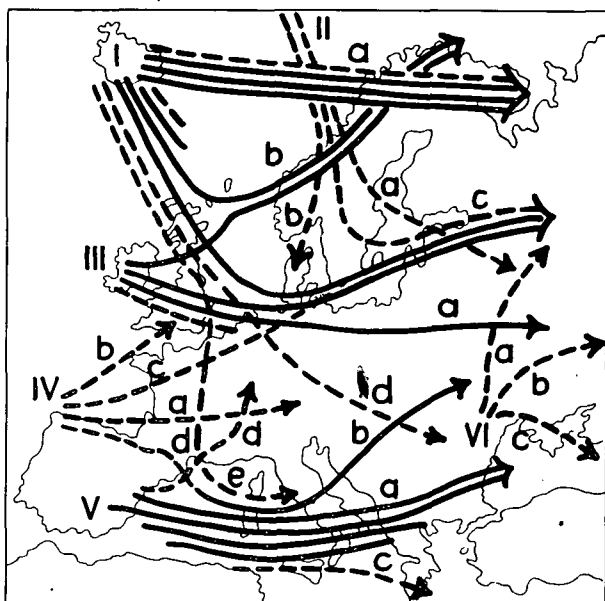


Abb. 2. Mittlere jährlichen Zugstrassen der Zyklonen über Europa (1926—1930). Ausgezogene Linien: rel. Häufigkeit von 5%, gestrichelte Linien: rel. Häufigkeit von 2,5%. (nach Wagner, R. 1935—36).

Zwischen der nördlichen und südlichen Zone befindet sich das zyklonenarme Gebiet der Voeikof'schen kontinentalen Achse, was auf ein häufiges Auftreten der gut ausgebildeten winterlichen Antizyklonen hinweist. Somit kam in Mitteleuropa und somit auch in Ungarn, für den untersuchten Zeitraum im Winter ein kräftiger kontinentaler Einfluss (eine wohl ausgebildete thermische Antizyklone) und ein gewaltiger mediterraner Einfluss (eine lebhaftere Zyklonentätigkeit im Mediterranbecken) zur Geltung.

Eine Besonderheit der bezeichnenden und während des fraglichen Zeitraumes häufigen Luftdruckverteilung und Windverteilung wird durch die an Abb. 1 dargestellte europäische Wetterlage angedeutet: Zyklonen wandern entlang von Zugstrassen, die weit nördlich des Rumpfes des Festlandes verlaufen, und dem Mediterranraum gegenüber durch ein Hochdrucksglatz getrennt werden, der ziemlich genau mit der Kontinentalachse zusammenfällt. Diese Wetterkarte bietet eine gute Darstellung über die im Winter im mittleren Teil der Alföld, somit auch in Szeged häufig auftretenden südlichen und südöstlichen Luftströmungen sowie über deren Eingliederung in das mitteleuropäische antizyklonale Strömungssystem. Nun ist die Frage, wie weit nach oben bei der ziemlich geringen vertikalen Erstreckung der thermischen Antizyklone diese südlichen Winde des Alföld zur Geltung kommen.

Die in der winterlichen Windrichtungsverteilung gefundenen häufig auftretenden südlichen Komponenten sind natürlich nicht nur an die besprochene antizyklonale Lage gebunden, sondern sie treten in Erscheinung auch innerhalb der ziemlich langwierig auftretenden Stromsystemen der nach

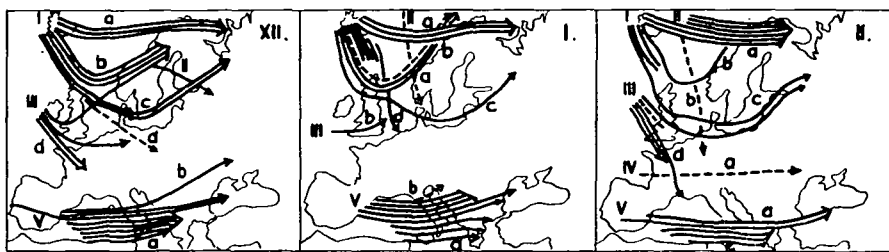
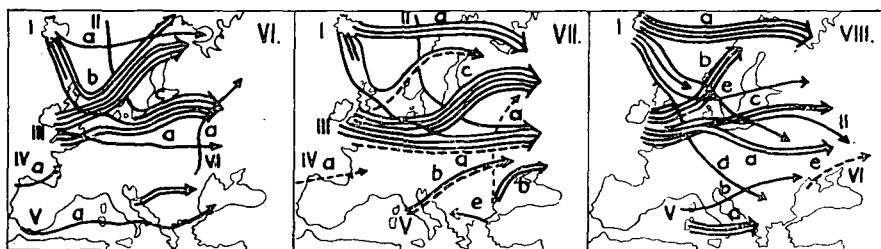


Abb. 3. Mittlere jahreszeitlichen Zugstrassen der Zyklonen über Europa (1926—1930).
Ausgezogene Linien: rel. Häufigkeit von 5%, gestrichelte Linien: rel. Häufigkeit von 2,5%. (Nach Wagner, R. 1937.)

a) Winter

Süden abbiegenden nordatlantischen Zyklonen und der nach Norden abbiegenden mediterranen Zyklonen.

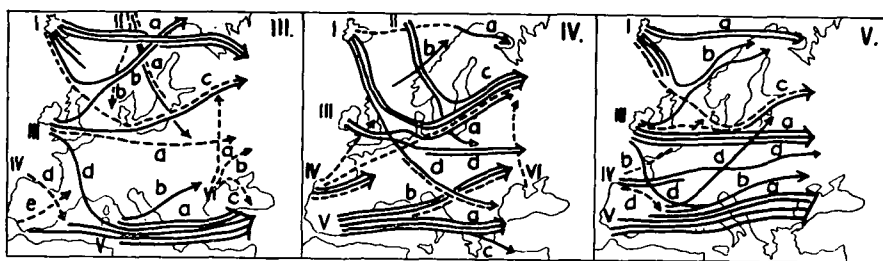
Im Sommer treten in der nördlichen Hälfte Europas, etwa nördlich des 50.-sten Breitengrades, die vom Atlantischen Ozean heranziehenden Zyklonen bedeutend häufiger auf, als im Winter. Hingegen werden im Raume des Mittelmeeres mit der Nordwärtsverschiebung des Hochdruckgürtels die Zyklonen seltener. Die sommerliche Witterung wird in Mitteleuropa durch den in der Belebung der Zyklonentätigkeit sich ausdrückenden ozeanischen Einfluss gekennzeichnet (Abb. 3b); in Ungarn erstrecken sich noch oft die Kaltfronten bis zur Alföld und sind mit nordwestlichen Winden verbunden.



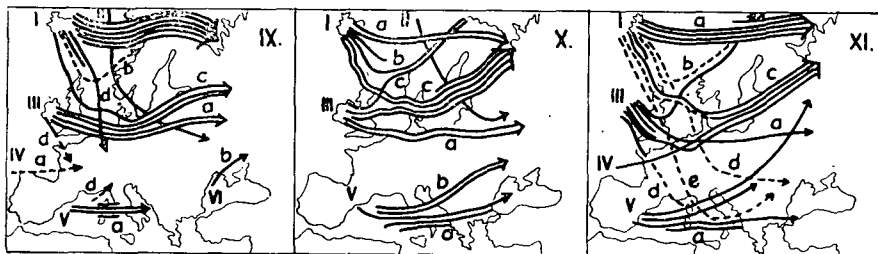
b) Sommer

Von den Übergangsjahreszeiten wird der Frühling, nach der Verarbeitung von WAGNER, durch eine zunehmende kontinentale Zyklonentätigkeit gekennzeichnet (Abb. 3c), gleichzeitig werden die Zyklonenbahnen aus dem Mediterranbecken immer mehr in der Richtung des Inneren des Festlandes verschoben (d. h. die Zugstrasse „Vb“ wird immer häufiger befolgt). Im Mediterranraum beginnt nach der verhältnismässigen Ruhe des Sommers erst im Oktober die für den Herbst charakteristische südosteuropäische Zyklonentätigkeit und sie nimmt gegen den Winter stetig zu (Abb. 3d).

Bei der ausführlicheren Beschreibung der grossräumigen Windsysteme, durch welche die Windverhältnisse des Alföld beeinflusst werden, können entschiedene jahreszeitliche Besonderheiten der Strömung erkannt werden, welche in einem Zusammenhang mit der jahreszeitlichen Veränderung der allgemeinen Luftzirkulation stehen, und innerhalb derselben mit den thermischen



c) Frühling



d) Herbst.

Gegensätzen zwischen Land und Meer und mit dem viel umstrittenen Monsunalcharakter des europäischen und insbesondere des mittel-europäischen Klimas verbunden sind.

Die Windverhältnisse der Alföld und insbesondere der Umgebung von Szeged werden in der klimatischen Monographie von R. WAGNER ausführlich behandelt (WAGNER 1941). Darin werden die Windbeobachtungen eines längeren Zeitraumes als bei HEGYFÖKY und RÓNA verarbeitet (1896—1915). Unter der Verwendung von Windrichtungsergebnissen wurden Strömungslinien gezeichnet und es wurde nachgewiesen, dass die Strömungskonvergenz, die von HEGYFÖKY vorausgesetzt wurde, tatsächlich im permanenten Strömungssystem von Ungarn auftritt und zwar in der Form einer Konvergenzlinie, die im Osten des Flusses Tisza (Theiss) in einer nord-südlichen Richtung verläuft. Die jährliche resultierende Windrichtung ist westlich der Konvergenzlinie WNW, wogegen östlich davon eine resultierende Windrichtung von SE bis E vorliegt. Innerhalb dieses Windsystems, das in den verschiedenen Jahreszeiten eine besondere Ausgestaltung erfährt, können die Windrichtungsverteilungen von Szeged im Winter- und Sommerhalbjahr charakteristisch unterschieden werden (in Übereinstimmung mit den schon behandelten Veränderungen der Zyklonen-Zugstrassen). Auf das ganze Jahr bezogen sind die häufigsten Windrichtungen: NW (19,8%) und S (19,1%). Im Sommerhalbjahr behält die Richtung NW noch ihre Überhand gegenüber der Richtung S und in der Zeit von April bis Juli steigt ihre Häufigkeit von 18,8% auf 37,5%, dann nimmt sie bis September auf 15,9% ab. Im Winterhalbjahr, hauptsächlich in den Monaten Oktober—Dezember steht die Richtung S an erster Stelle, und NW an der zweiten. Letzten Endes stellt WAGNER fest, dass „die Windverhältnisse der Alföld nicht nur einen lokalen Charakter besitzen, sondern auch den grossräumigen Windsystemen angehören, welche in Europa durch

Tabelle 1

Die relative Häufigkeit der Windrichtung (%) .Jahr. Szeged 1941—1953

Meter	u	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
500	1595	8,3	6,5	7,4	3,6	3,1	3,4	5,5	9,4	10,2	5,3	5,3	5,3	3,4	5,2	9,4	8,7
1000	1526	7,7	7,9	4,7	2,8	3,0	4,5	5,6	6,4	9,2	5,9	5,4	5,9	6,0	6,0	10,0	9,0
1500	1453	7,5	7,0	4,6	3,2	3,2	2,8	4,5	5,2	7,1	6,9	7,3	6,0	7,1	6,8	10,1	10,7
2000	1348	7,6	5,5	4,1	3,1	4,0	3,0	3,8	4,3	5,4	6,9	7,8	8,6	7,6	7,2	11,1	10,0
2500	1215	8,0	4,7	4,6	3,0	4,0	2,5	2,9	3,8	4,7	7,5	8,4	8,2	7,2	8,3	13,3	8,9
3000	1130	7,8	4,5	5,0	3,0	3,6	2,5	2,1	3,2	5,0	7,1	8,3	8,5	7,8	9,1	11,9	10,5
Baden (100 m)		N	NE	NE	E	E	SE	S	SW	SW	W	NW	C				
1891—1900 (Róna)		7,1	6,1	6,1	4,7	20,1	15,0	6,5	25,6	5,5							
1896—1915 (Wagner)		15,3	6,5	6,5	5,0	12,1	19,1	8,8	10,1	3,3							
1901—1950 (Kakas)		15,0	8,0	8,0	6,1	11,3	16,5	9,6	11,4	5,3							

Zyklonaleinflüsse und Monsunal-einflüsse hervorgerufen werden." In diesem Sinne müssen die sommerlichen nördlichen Komponenten und die winterlichen südlichen Komponenten der allgemeinen Westströmung, sowie auch die winterliche Verstärkung der Voelikof'schen Kontinentalachse der monsonalen Beschaffenheit unserer Winde zugeschrieben werden. Nun ist es die Frage, bis nach welcher Höhe dieser monsonale Charakter in der Windrichtungsverteilung sich erstreckt.

Nun soll es untersucht werden, welche Widerspiegelung die beschriebenen Besonderheiten des Strömungsfeldes bei der Analyse der Pilotballonmessungen in Szeged finden. Das zur Verfügung stehende Beobachtungsmaterial wollen wir in zwei Teile spalten. Im Zeitraum 1949—1953 wurden die Pilotaufstiege am Turm der Universität allgemein einmal täglich durchgeführt. Im Laufe des Jahrzehntes 1954—1963 wurden am Flughafen, der in freiem Gelände und von Stadtstörungen unbeeinflusst liegt, allgemein täglich zwei Pilotballonaufstiege, bzw. (in 1962—1963) täglich zwei Rawindmessungen vorgenommen. Die zweite Beobachtungsreihe ist mehr für eine eingehende Bearbeitung geeignet. Die erste werden wir vorzüglich zum Vergleich der beiden Zeitabschnitte verwenden.

Die erste aeroklimatologische Zusammenfassung wurde auf Grund der fünfjährigen Beobachtungen in Szeged in 1954 veröffentlicht (BÉLL 1954) und enthält die Häufigkeitswerte der Windrichtungen, sowie die Jahresmittel der Windgeschwin-

digkeit. Die Zahl der verwendeten Messungen betrug in einer Höhe von 500 m noch 1595, jedoch in 10 km Höhe war sie nur mehr 407 (dies ist die höchste Zahl unter den Höhenwindmessungen in der Provinz). Die Zahl der Pilotballonmessungen nahm in Abhängigkeit von der Witterung (Bewölkung) ab 4000 m Höhe stark ab, doch konnte in einer Höhe von 3000 m noch in 71% der in 500 m ausgeführten Messungen ein Ergebnis erhalten werden. Für die Beobachtungsreihe 1954—1963 ist dieses Verhältnis noch günstiger: 86%.

Die mittlere Häufigkeit der Windrichtungen für den Zeitraum 1949—1953 und für das Höhenintervall 500—3000 m wird in *Tabelle 1* mitgeteilt.

Die aerologischen Angaben wurden in der bodennahen Schicht durch Angaben aus 3 verschiedenen Zeitabschnitten ergänzt (die letzteren wurden auf Grund von 8 Windrichtungen und Windstille gruppiert). Die Beobachtungsreihen der bodennahen Windrichtungen stimmen miteinander darin überein, dass die häufigsten Windrichtungen des Jahres NW und S sind (bei Róna SE), und dies kann so aufgefasst werden, dass es für die mittleren Teile des Alföld eine permanente klimatische Erscheinung bildet, welche in Zusammenhang mit der Zyklonentätigkeit steht und auch ein gewisses monsunales Gepräge besitzt.

Von der Oberfläche nach der Höhe fortschreitend, bewahrt die Richtung NW ihren vorherrschenden Charakter und es besteht sogar eine Zunahme der Häufigkeit der NW-Winde mit der Höhe. Hingegen nimmt die Häufigkeit des Südwindes ab und schon in 1500 m verliert der Südwind seinen vorherrschenden Charakter.

Um eine eingehendere Untersuchung der Häufigkeiten der Windrichtungen zu erzielen und eine Veranschaulichung derselben zu verwirklichen, haben wir in Abb. 4 die Angaben der Tabelle 1 für Bodennähe (100 m), sowie 500, 1000, 2000 und 3000 m Höhe dargestellt. Die Darstellung erfolgt nicht in der üblichen Weise, nach der Windrose, sondern die relativen Häufigkeiten der Windrichtungen werden in einem rechtwinkligen Koordinatensystem eingetragen, was geeigneter ist für die Veranschaulichung der Häufigkeitsmaxima und für die Beurteilung der Realitäten dieser Maxima.

Nun soll die Frage aufgeworfen werden, ob die einzelnen Züge der erhaltenen Häufigkeitsverteilung, die grösseren oder kleineren Häufigkeiten der einzelnen Windrichtungen, statistisch begründete Eigenschaften des Luftraumes über Szeged bilden, oder sind sie nur die nicht-permanenten Folgen der Auswahl des verwendeten Zeitabschnittes als ein statistisches Muster.

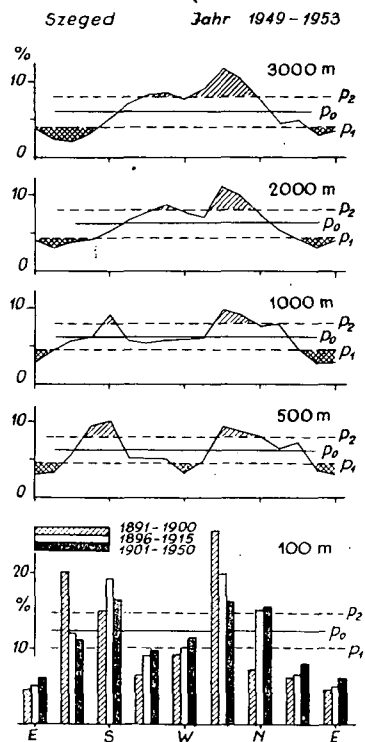


Abb. 4. Jährliche Häufigkeitsverteilung der Windrichtung über Szeged

Bei der Verarbeitung der aerologischen Angaben wurden die Windrichtungen in 16 Richtungsintervalle eingeteilt. Wenn sich die beobachteten Fälle gleichmässig auf die Richtungsintervalle verteilen würden, d. h. in der Häufigkeit des Auftretens der einzelnen Windrichtungen keinerlei Unterschiede vorhanden wären (Null-Hypothese), dann wäre die relative Häufigkeit für eine jede Windrichtung gleich $100/16 = 6,25\%$. Nun schwanken aber die aus dem 5-jährigen Zeitabschnitt errechneten Häufigkeitswerte der Windrichtungen um den Wert dieser Grundwahrscheinlichkeit (in Abb. 4 mit p_0 bezeichnet). Da fragt man sich, wie hoch eine Abweichung der errechneten Häufigkeiten von der Grundwahrscheinlichkeit sein darf, um die Abweichungen dem Zufall zuschreiben zu können, d. h. wo liegen die unteren und oberen Grenzen des Zufallspielraumes? Bezeichnen wir diese Grenzen mit p_1 und p_2 .

Die Auswahl der unteren und oberen Grenze kann auf Grund einer Vereinbarung vorgenommen werden, welche der Natur der Aufgabe entspricht. In meteorologischen Untersuchungen wird allgemein ein Kriterium des 0,27%igen Überschreitens empfohlen (BAUR 1953), d. h., dass eine Abweichung solcher Werte, welche ausserhalb der unteren und der oberen Grenze des Wahrscheinlichkeitsspielraumes liegen, auf einem Signifikanz-Niveau von 99,73% nicht mehr durch den Zufall, sondern z. B. im Falle einer Beurteilung der Windrichtungen durch das häufige oder seltene Auftreten der betreffenden Windrichtungsintervalle erklärt werden soll. Die unteren und oberen Grenzen des Zufallspielraumes, welche der vorgeschlagenen Übertrittswahrscheinlichkeit von 0,27% entsprechen, sind für den Fall der Grundwahrscheinlichkeit $p_0 = 6,25\%$ (d. h., 16 Richtungsintervalle) leicht der Abb. 5 zu entnehmen. Die Abb. wurde auf Grund einer Tabelle von Linke angefertigt. Es ist offensichtlich, dass bei der Zunahme der Anzahl der Fälle (N) der Zufallspielraum enger wird und das Angabenmaterial, als statistisches Muster, wertvoller wird.

An Abb. 4 haben wir die Linie der den einzelnen Häufigkeitsverteilungen entsprechenden Grundwahrscheinlichkeiten (p_0) angedeutet, sowie die untere und obere Grenzen des Zufallspielraumes (p_1 und p_2). Nach den obigen Ausführungen sind die Häufigkeitswerte, welche in das Intervall $p_2 - p_1$ fallen, nicht kennzeichnend für die einzelnen Windrichtungen, da ihre Schwankung um den Wert p_0 durch den Zufall erklärt werden kann. Die schwarz belegten Gebiete unterhalb von p_1 enthalten die seltenen Windrichtungen und die schraffierten Gebiete oberhalb p_2 enthalten die häufigen Windrichtungen. Diese Unterscheidung kann auf dem allgemein angenommenen Wahrscheinlichkeitsniveau als ein Ausdruck der permanenten klimatischen Züge der Windrichtungen angesehen werden.

Folglich geht in Bodennähe aus allen den drei Beobachtungsreihen das auch statistisch begründete Übergewicht der Windrichtungen S und NW

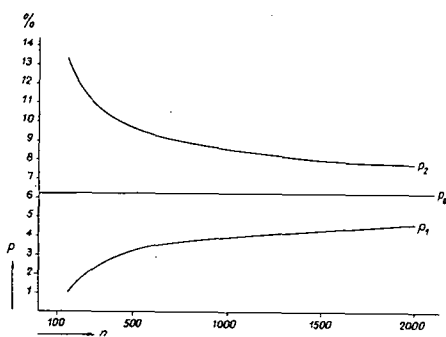


Abb. 5. Grenzen des Zufallspielraums der relativen Häufigkeit in einer Stichprobe (Grundwahrscheinlichkeit $p_0 = 0,0625$)

hervor und deswegen dürfen wir dieselben unter der Verwendung eines üblichen Ausdruckes als „vorherrschende Windrichtungen“ bezeichnen. In der Umgebung von Szeged sind selten vorkommende Windrichtungen: E und NE. Etwas häufiger treten die SW—Winde auf, doch fallen dieselben noch immer in ein statistisch seltenes Richtungsintervall. Diese Feststellung steht in Übereinstimmung mit den bekannten klimatischen Zügen von Szeged in Bodennähe.

Nach oben hin fortschreitend steht in 500 m Höhe das häufige Auftreten der S—SSE und NW—N Richtungsintervalle noch in Übereinstimmung mit den in Bodennähe gefundenen vorherrschenden Winden. Die selten auftretenden Richtungen gruppieren sich eng um W und etwas breiter zwischen ENE und ESE. Nach grösseren Höhen fortschreitend findet man, dass die häufigen Windrichtungen sich unter einer Überschreitung der Quadranten SW und NW sich an die Richtung W annähern, der seltene Charakter des W-Windes geht allmählich verloren und in 3000 m Höhe erfüllt schon diese Windrichtung das statistische Kriterium für eine häufige Windrichtung.

Die zusammendrängung der häufigen Windrichtungen um die Richtung W kann mit Hilfe des verwendeten Pilotwindmessungs-Materials nach den höheren Schichten nicht weiter verfolgt werden, da die Windangaben der bedeckten Tage immer mehr gegenüber den „Schönwetter-Piloten“ zurücktreten. Auf die Windrichtungshäufigkeiten der höheren Schichten der Troposphäre kann mit Hilfe der in Budapest unter Verwendung eines Radiotheodoliten gewonnenen 5-jährigen Beobachtungsreihe geschlossen werden (Abb. 6). Über Budapest findet man ebenso wie über Szeged in den untersten 3 Kilometern der Troposphäre zwei statistisch reelle häufig auftretende Windrichtungsintervalle, welche sich aus den Quadranten SW und NW nach oben an die Richtung W annähern, die selbst sich mit der Höhe von einer seltenen zu einer häufigen Richtung umwandelt, und man findet zwischen 3 und 4 km eine Verschmälzung der in Frage stehenden beiden Richtungen mit der vorherrschenden Westströmung der oberen Troposphäre. Die um W sich gruppierenden häufigen Windrichtungen enthalten in der Höhe von 5 km schon bereits 70% aller Winde, wogegen z. B. in einer Höhe von 1 km die gesamte relative Häufigkeit der Winde aus dem NW-Quadranten geringer als 30% war.

Der Umstand, dass die Windrichtungen sich oberhalb von 3 km in der Troposphäre um die Richtung W sich zusammendrängen, bildet eine bekannte Erscheinung der allgemeinen Luftzirkulation und dieselbe kann in den Windangaben aller 8 Pilot-

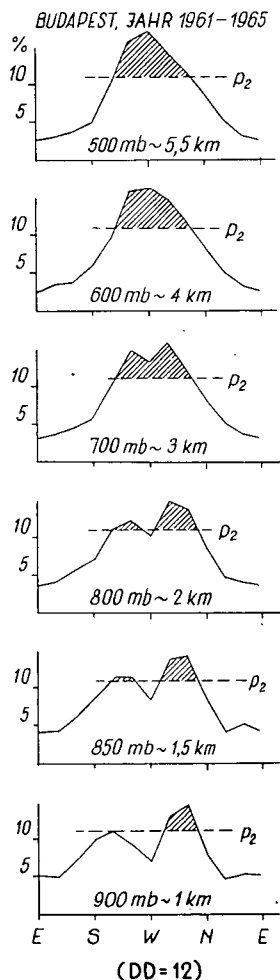


Abb. 6. Jährliche Häufigkeitsverteilung der Windrichtung über Budapest

Tabelle 2

Die relative Häufigkeit der Windrichtung (%) in der Höhe von 3000 m über Ungarn

Jahr	Station	n	1954—1963													
			N	NNE	NNE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW
	Szombathely	1 098	6,7	5,6	3,7	2,4	2,3	2,2	2,1	2,4	4,7	6,3	9,8	9,1	9,7	12,2
	Győr	483	5,5	5,1	4,1	2,5	2,7	3,1	2,4	3,2	4,0	7,9	10,7	8,7	9,0	13,3
	Siófok	434	4,6	4,8	3,5	5,5	4,2	3,0	4,2	5,3	3,7	8,1	5,5	10,2	10,3	12,1
	Pécs	1 197	7,4	5,1	4,7	3,7	3,4	2,8	3,0	3,4	4,1	5,4	9,6	11,4	9,9	8,2
	Budapest	4 489	6,0	3,9	3,5	2,9	3,0	2,9	3,3	3,7	4,7	6,1	10,2	10,3	10,1	12,0
	Szeged	1 486	5,6	4,0	3,5	3,0	3,1	2,5	2,9	3,5	4,8	5,7	10,1	11,6	11,3	10,3
	Miskolc	747	7,4	4,6	4,8	4,6	3,9	3,8	4,1	3,0	5,1	5,9	8,9	8,2	9,6	9,8
	Debrecen	1 165	6,1	4,2	4,8	4,0	2,8	3,3	3,2	3,7	4,9	7,1	8,5	9,6	10,7	11,5
	Ungarn	11 099	6,2	5,0	4,1	3,6	3,2	3,1	3,2	3,7	4,8	6,8	8,6	9,7	10,4	10,3

ballonstationen von Ungarn wiedergefunden werden. Es kann vorausgesetzt werden, dass oberhalb von 3 km die durchschnittlichen Windverhältnisse keine wesentlichen Abweichungen innerhalb des Luftraumes von Ungarn mehr ausweisen. Zur Rechtfertigung dieser Annahme bringen wir in Tabelle 2 die jährliche Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen an 8 ungarischen Pilotstationen für 3000 m Höhe, errechnet aus dem Zeitabschnitt 1954—1963. In der Tabelle wurden die seltenen und die häufigen Windrichtungen in abweichenden Satze gedruckt. Es wird ersichtlich, dass die 8 Beobachtungsreihen darin übereinstimmen, dass die häufigen Windrichtungen sich um W und die seltenen Windrichtungen sich um E gruppieren und die häufigen Windrichtungen insgesamt 50% aller Fälle ausmachen. In der letzten Zeile der Tabelle befinden sich die durchschnittlichen jährlichen Windrichtungshäufigkeiten, welche aus den 8 Beobachtungsreihen mit dreifacher übergreifenden Mittelbildung und Glättung für den gesamten Luftraum von Ungarn errechnet wurden, ein Verfahren, das infolge der repräsentativen Unterbringung der Stationen als erlaubt bezeichnet werden kann.

In der gewonnenen Windrichtungsverteilung kommt ein bekannter Zug der Zirkulation in der gemässigten Breitenzone anschaulich zum Ausdruck: derselbe besteht in der grossen Häufigkeit der permanenten Westströmung und der darauf sich überlagernden turbulenten Zirkulation. Die wellenartige Schwankungen der letzteren werden über Ungarn in 50% aller Fälle durch die statistisch noch als häufig zu betrachtenden Windrichtungen SW und NW begrenzt. Es kann vorausgesetzt werden, dass

mit dem Aufhören der Wellen der Grundströmung die Höhenströmung gegen der für ein dynamisches Gleichgewicht kennzeichnenden westlichen Richtung verschoben wird und diese Richtung auch erreicht.

Wie man an Abb. 6 für Budapest und an Abb. 4 für Szeged feststellen konnte, nimmt nach unten hin die Häufigkeit der Grundströmung ab und unterhalb von 3 km, in einer Höhe von 2—2,5 km verliert schon die westliche Richtung ihren statistisch nachweisbaren vorherrschenden Charakter. Die häufigen Windrichtungen gruppieren sich in den Quadranten SW und NW zwei Hauptrichtungen, und nach unten entfernen sich diese Hauptrichtungen von einander und von der dazwischen liegenden westlichen Richtung. Diese Doppelgruppierung der Windrichtungen ist nach den früheren Ausführungen in erster Reihe eine Folge der Zyklonentätigkeit. In der unteren Troposphäre wird namentlich die turbulente Zirkulation nicht so sehr durch Wellen der Grundströmung, sondern durch das Auftreten geschlossener Wirbel, d. h. durch die Zyklonentätigkeit gekennzeichnet. An der Ostseite der mit der Grundströmung vorzüglich nach Osten wandernden Zyklonen kommen mit grösster Häufigkeit die SW-Winde vor, welche zwar nur von mässiger Stärke sind, aber verhältnismässig lange anhalten. An der Rückseite der abziehenden Zyklone hingegen ereignen sich heftigere, aber weniger lange dauernde Nordwest-Einbrüche. Eine bedeutende Abweichung gegenüber der über 3—5 km liegenden Schichten besteht darin, dass in der Zwischenzeit zwischen den einander nachfolgenden Störungen die westliche Gleichgewichtsströmung verhältnismässig selten zur Geltung kommt.

Mit der Annäherung an die Erdoberfläche werden die Einflüsse der Zyklonentätigkeit immer mehr und mehr durch orographische Einflüsse überlagert. Als Endresultat sind die zwei Hauptrichtungen der bodennahen Winde infolge der wechsellvollen Orographie des Karpatenbeckens von Ort zu Ort sehr verschieden. Im Szeged, wie oben dargelegt, gruppieren sich die häufigsten Windrichtungen in Bodennähe um S und NW.

Nun fragt man sich, ob die Gruppierung der häufigen Windrichtungen im SW- und NW-Quadrant eine charakteristische Abweichung in den verschiedenen Jahreszeiten aufweist, wie dies auf Grund der bekannten jahreszeitlichen Veränderung der Zyklonentätigkeit zu erwarten wäre. Dazu verwenden wir die zehnjährige Beobachtungsreihe der Pilotmessungen in Szeged 1954—1963. In Tabelle 3 werden die jährlichen Häufigkeitswerte der Windrichtungen in der Schicht zwischen dem Boden und 3000 m mitgeteilt.

Zunächst kann es festgestellt werden, dass durch diese umfangreichere Beobachtungsreihe eine Bekräftigung für die Folgerungen geliefert wird, welche wir von der vorherigen 5-jährigen Beobachtungsreihe abgeleitet haben. In der untersten 1000 m-Schicht gruppieren sich die häufigen Windrichtungen (mit besonderem Satze gedruckt) um zwei Hauptrichtungen, namentlich S und NW. In der Gruppe um S hat man, bei Annäherung an den Boden, eine häufigste

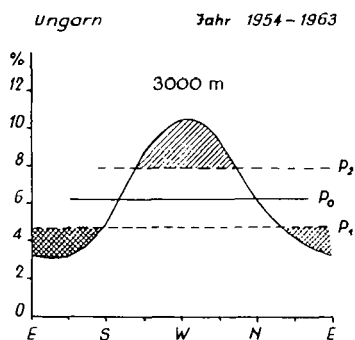


Abb. 7. Mittlere jährliche Häufigkeitsverteilung der Windrichtung über Ungarn in der Höhe von 3000 m

Tabelle 3
Relative Häufigkeit der Windrichtungen (%) 1954—1963

SZEGED									Jahr
Meter	85	300	500	700	1000	1500	2000	2500	3000
N	7,3	7,2	7,3	6,9	7,1	6,4	6,0	6,6	5,6
NNE	7,1	7,3	6,7	7,2	6,7	5,1	4,8	4,3	4,0
NE	5,7	6,6	6,6	6,8	5,6	4,3	3,4	3,3	3,5
ENE	3,5	4,0	3,8	3,2	3,1	3,4	2,9	2,5	3,0
E	2,2	3,1	3,3	3,7	3,9	3,2	3,4	3,0	3,1
ESE	3,0	3,5	3,6	3,5	3,4	3,0	3,0	2,4	2,5
SE	9,3	5,3	5,2	5,1	5,0	5,0	3,3	3,3	2,9
SSE	11,6	9,7	8,2	7,6	6,7	5,0	5,0	4,7	3,5
S	7,4	8,9	8,6	8,2	7,9	7,5	6,6	5,4	4,8
SSW	3,8	6,1	6,3	6,3	5,6	5,9	5,7	6,2	5,7
SW	4,8	4,7	6,8	7,0	7,5	8,1	9,3	9,5	10,1
WSW	3,9	4,6	4,8	5,8	7,2	8,6	10,0	11,1	11,6
W	5,4	4,5	5,1	5,0	6,1	8,2	9,1	9,7	11,3
WNW	6,4	6,2	5,4	5,7	5,9	6,5	8,0	9,8	10,3
NW	9,6	10,0	9,8	9,3	9,5	11,2	11,2	10,5	10,5
NNW	7,0	8,1	8,2	8,5	8,6	8,5	8,2	7,5	7,5
C	2,0	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1
n	3478	3478	3466	3434	3394	3316	3212	3082	2972

Windrichtung, welche von S in SSE übergeht, worin die richtungsablenkende Wirkung der Oberflächenreibung erkannt werden kann. In den höheren Schichten, oberhalb von 1000 m, nähern sich die häufigsten Windrichtungen aus den Quadranten SW und NW der Richtung W, welche in den Schichten über 1500 m zu einer häufigen Windrichtung und oberhalb 3000 m zu einer der WSW ebenbürtigen Richtung wird.

Aus der Tabelle ist es auch ersichtlich, dass die Häufigkeit der Winde mit einer Ostkomponente mit der Höhe durchwegs abnimmt und diese Winde oberhalb von 700 m den statistischen Schwellenwert für häufige Windrichtungen (7,9%) nicht mehr erreichen. Hingegen ist oberhalb von 2500 m die Häufigkeit aller Winde mit einer Ostkomponente geringer als der Schwellenwert für seltenes Windrichtungen (4,7%). Demgegenüber nimmt die Häufigkeit der Winde mit einer Westkomponente mit der Höhe stetig zu und oberhalb 1500 m gehören alle Windrichtungen des Quadranten SW—NW der Gruppe der häufigen Windrichtungen an.

Die Häufigkeiten der um S und NW sich gruppierenden Windrichtungen weist typische jahreszeitliche Abweichungen auf (Tabelle 4.)

Zur Veranschaulichung der jahreszeitlichen Richtungsverschiebung führen wir auf der Abb. 8 die Windrichtungshäufigkeiten im Winter (ausgezogene Linie) und dieselbe im Sommer (unterbrochene Linie) an. Die Windrichtungen, deren Häufigkeit vom Winter zum Sommer zunimmt, bezeichnen wir (mit einem in der Klimakunde üblichen Ausdruck) als die charakteristischen Winde des Sommers, und in gleicher Weise definieren wir die charakteristischen Winde des Winters. Das schraffierte Gebiet zwischen den beiden Kurven bedeutet die

Tabelle 4
Relative Häufigkeit der Windrichtungen (%) 1954—1963

SZEGED		a)								Frühling
Meter		85	300	500	700	1000	1500	2000	2500	3000
N		8,8	8,9	8,2	8,0	8,2	7,0	6,9	7,3	7,6
NNE		7,6	6,8	7,5	7,8	6,8	6,5	6,2	5,2	4,1
NE		6,1	7,7	7,4	7,5	6,1	4,1	3,4	2,7	3,8
ENE		2,5	3,7	3,6	3,9	3,0	3,8	2,9	3,2	3,5
E		2,5	2,8	3,0	3,0	3,4	3,8	3,3	3,6	3,3
ESE		3,6	4,2	5,2	4,9	4,6	4,1	3,8	2,7	3,8
SE		9,5	6,7	5,8	5,4	6,0	6,4	4,2	3,9	2,5
SSE		11,6	9,4	7,4	6,9	6,5	5,3	6,5	6,9	4,6
S		6,4	7,1	7,0	7,5	7,5	6,2	5,5	4,3	4,1
SSW		3,7	5,0	6,0	5,5	4,7	4,5	4,8	5,9	6,3
SW		4,0	2,8	5,6	6,3	6,2	7,0	9,3	8,2	8,9
WSW		3,7	4,9	4,1	4,8	5,9	8,0	6,9	7,6	8,7
W		5,8	5,0	5,5	5,8	6,4	6,9	7,9	9,3	10,2
WNW		5,4	6,0	4,3	4,0	5,3	6,8	8,7	9,7	10,4
NW		10,8	10,6	10,5	9,4	10,1	10,6	11,1	10,8	10,3
NNW		6,8	8,3	8,8	9,3	9,1	8,9	8,3	8,5	7,9
C		1,2	0,1	0,1	—	0,2	0,1	0,3	0,2	—
n		453	453	452	449	445	438	418	393	377

		b)								Sommer
N		7,1	7,6	9,0	8,5	7,8	7,3	5,9	7,2	5,9
NNE		4,9	7,5	6,8	6,4	6,4	4,5	4,4	3,6	3,2
NE		5,0	4,9	4,9	5,9	4,8	4,1	3,9	2,9	3,1
ENE		5,1	3,9	3,6	3,3	2,5	3,6	3,0	1,8	2,1
E		2,0	2,9	3,3	3,9	4,8	1,7	3,0	2,6	1,9
ESE		1,5	2,6	2,9	3,0	2,5	2,7	2,6	1,8	1,8
SE		6,8	4,0	4,6	3,9	3,8	3,3	2,1	2,1	2,3
SSE		7,2	7,4	6,1	5,4	4,8	3,7	3,8	4,2	2,9
S		7,1	8,0	8,1	8,0	7,8	8,6	6,9	4,7	4,6
SSW		3,8	5,9	5,6	5,9	5,7	5,4	5,1	7,0	4,5
SW		5,8	4,6	5,1	5,6	6,7	8,8	9,4	8,0	10,1
WSW		4,3	4,4	4,1	4,5	5,2	6,4	8,6	12,1	12,2
W		6,4	4,3	5,4	4,4	5,8	8,5	10,6	11,1	13,6
WNW		8,9	8,1	7,5	8,8	8,4	7,3	8,3	10,8	11,1
NW		12,8	13,2	12,6	12,1	12,9	14,3	13,8	12,5	12,2
NNW		6,8	10,2	9,8	9,8	9,7	9,7	8,5	7,3	8,2
C		4,5	0,5	0,6	0,6	0,4	0,1	0,1	0,3	0,3
n		435	435	435	435	434	431	422	414	398

Meter	c)									Herbst
	85	300	500	700	1000	1500	2000	2500	3000	
N	6,0	6,4	6,6	5,7	5,7	5,0	4,7	5,7	4,2	
NNE	6,8	6,8	5,8	6,7	5,6	3,2	3,7	3,5	3,0	
NE	5,2	5,9	7,0	7,9	6,8	5,0	3,2	2,9	3,2	
ENE	4,2	3,9	4,1	2,4	4,1	3,3	2,4	2,9	3,6	
E	2,5	3,8	3,5	4,1	3,5	4,2	4,0	3,2	3,4	
ESE	4,6	4,1	2,8	3,2	3,4	3,3	3,3	3,7	3,2	
SE	11,4	6,4	6,4	5,7	6,4	6,3	4,3	4,0	4,3	
SSE	14,2	12,8	11,7	12,1	9,9	7,4	6,5	5,2	3,7	
S	8,5	11,0	10,4	8,5	8,6	8,7	8,3	7,2	5,9	
SSW	4,7	7,5	6,8	7,7	6,6	7,4	7,3	7,6	8,2	
SW	4,7	4,8	7,7	7,1	8,0	7,8	8,9	11,2	11,5	
WSW	3,5	5,1	5,8	6,4	8,3	10,0	11,9	10,8	12,1	
W	4,5	3,8	4,5	5,1	5,5	8,2	8,1	8,5	10,2	
WNW	5,2	4,3	4,2	4,3	4,9	5,7	7,5	8,5	8,5	
NW	6,8	6,8	7,0	7,1	5,7	8,2	8,8	8,4	9,3	
NNW	6,8	6,4	5,5	5,9	7,0	6,3	7,0	6,7	5,7	
C	0,4	0,2	0,2	0,1	—	—	0,1	—	—	
n	438	438	436	432	428	419	413	400	391	
	d)									Winter
	85	300	500	700	1000	1500	2000	2500	3000	
N	7,4	5,7	5,0	5,0	6,8	6,2	6,4	6,0	4,6	
NNE	9,5	8,3	6,8	8,0	7,9	6,7	5,1	5,4	6,4	
NE	6,5	8,0	7,4	5,9	4,5	4,0	3,2	5,4	4,2	
ENE	2,3	4,8	3,8	3,0	2,6	2,8	3,4	2,7	2,6	
E	1,9	3,0	3,4	4,1	3,7	3,4	3,4	2,9	3,9	
ESE	2,4	2,8	3,4	2,8	3,1	2,2	2,7	1,3	0,7	
SE	9,5	4,1	3,9	5,5	3,7	3,8	2,6	3,1	2,3	
SSE	13,7	9,2	7,6	5,6	5,2	3,5	2,8	1,5	2,4	
S	7,8	9,8	9,0	8,8	8,1	6,2	5,3	5,2	4,6	
SSW	3,0	6,0	6,8	6,4	5,5	6,8	5,6	3,3	3,3	
SW	4,7	7,1	9,1	9,3	9,7	9,0	9,4	11,5	9,7	
WSW	4,2	3,8	5,4	8,1	10,0	10,6	13,7	15,1	14,1	
W	4,7	5,0	5,0	4,7	6,6	9,4	9,9	9,7	11,0	
WNW	5,9	6,3	5,5	5,5	4,8	6,2	6,8	9,5	11,9	
NW	7,5	8,9	8,9	8,3	9,1	10,0	10,9	9,8	9,7	
NNW	7,5	7,1	8,8	9,0	8,5	9,0	8,8	7,4	8,6	
C	1,5	0,1	0,2	—	0,2	0,2	—	0,2	—	
n	413	413	410	401	390	370	353	334	320	

charakteristischen Windrichtungen des Winters und das frei gelassene Gebiet bedeutet die charakteristischen Windrichtungen des Sommers. Zunächst ersieht man aus Abb. 8, dass im Winter die häufigsten Windrichtungen sich um die Richtung S (in der bodennahen Schicht um die Richtung SSE) gruppieren und enthalten die vorherrschenden Winde; dagegen erreicht die Gruppe N—NW kaum den Schwellenwert für häufige Winde. Im Sommer hingegen kann das Vorherrschen der Richtung NW entschieden erkannt werden, und die Gruppe S tritt nur mit einer geringeren Häufigkeit auf. Dieses Erkenntnis steht in voller Übereinstimmung mit dem jahreszeitlichen Verhalten der Zyklonenbahnen nach WAGNER.

Auch die charakteristischen Windrichtungen des Winters und des Sommers unterscheiden sich ausgesprochen. In der Sommerzeit fallen die charakteristischen Winde entschieden und von der Höhenlage fast unabhängig in den Quadranten W—N, d. h., die Häufigkeit der Windrichtungen aus dem Quadranten W—N nimmt vom Winter über dem Frühling bis zum Sommer zu (Tabelle 5), hingegen gibt es vom Sommer auf den Herbst eine bedeutende Abnahme.

In den charakteristischen Windrichtungen des Sommers ist das Geltendwerden des ozeanischen Einflusses zu erkennen, welcher durch die sommerliche Belebung der Zyklonenaktivität vermittelt wird. Die relative Zunahme der Winde aus dem Quadranten W—N vom Winter auf den Sommer kann man bis zu einer Höhe von 3000 m, wenn auch in abgeschwächter Weise, auffinden.

Die charakteristischen Windrichtungen des Winters fallen teilweise in den Quadranten N—E und teilweise zwischen die Richtungen SE und W, bzw. in Bodennähe zwischen E und S (Tabelle 6.). Offenbar ist die erstere eine kontinentale Wirkung des Winters, wogegen die zweite Gruppe überwiegend eine Folge der am warmen Mittelmeer sich ausbildenden, in Herbst sich belebenden und im Winter auch wirksame Zyklonentätigkeit ist.

In der charakteristischen Windgruppe N—E ist die Zunahme der relativen Vorkommen vom Sommer auf den Winter (und noch weiter auf das Frühjahr) nicht so entschieden als bei der anderen charakteristischen Gruppe (SE—W),

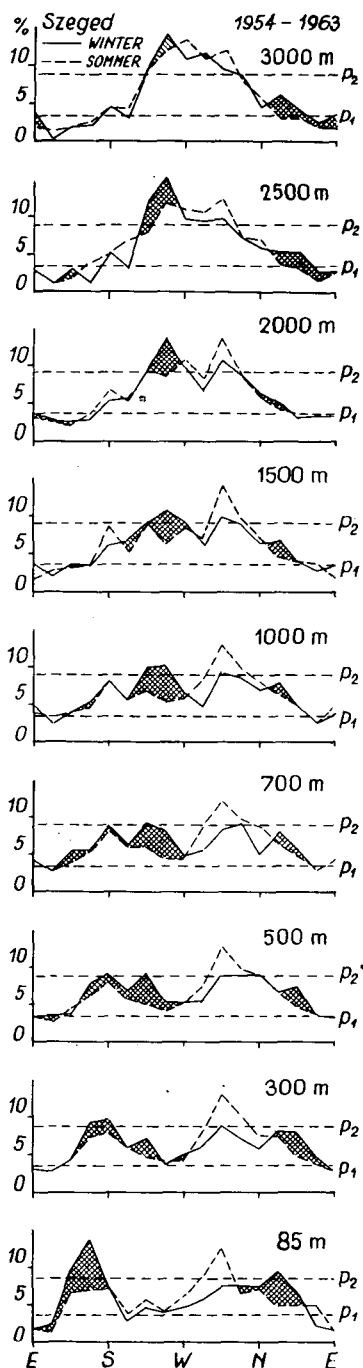


Abb. 8. Winterliche und sommerliche Häufigkeitsverteilung der Windrichtung über Szeged

Tabelle 5

Relative Häufigkeit der Windrichtung in der charakteristischen Windrichtungsgruppe des Sommers (%)

Szeged		West-Nord							1954—1963	
Höhe m		85	300	500	700	1000	1500	2000	2500	3000
	Winter	33,0	33,0	33,2	32,5	35,8	40,8	42,8	42,4	45,8
	Frühling	37,6	38,8	37,3	36,5	39,1	40,2	42,9	45,6	46,4
	Sommer	42,0	43,4	39,3	43,6	44,6	47,1	47,1	48,9	51,0
	Herbst	29,3	27,7	27,8	28,1	28,8	33,4	36,1	37,8	37,9

Tabelle 6

Relative Häufigkeit der Windrichtung in den charakteristischen Windrichtungsgruppen des Winters (%)

Szeged		Nord—Ost							1954—1963	
Höhe m		85	300	500	700	1000	1500	2000	2500	3000
	Sommer	24,1	28,8	27,6	28,0	26,3	21,2	20,2	18,1	16,2
	Herbst	24,7	26,8	27,0	26,8	25,7	20,7	18,0	18,2	17,4
	Winter	27,6	29,8	26,4	26,0	25,5	23,1	21,5	22,4	21,7
	Frühling	27,5	29,9	29,7	30,2	27,5	25,2	22,7	22,0	22,3

Südost—West

Höhe m		85	300	500	700	1000	1500	2000	2500	3000
	Sommer	41,5	38,6	39,0	37,7	39,8	44,7	46,5	49,2	50,2
	Herbst	50,5	51,4	53,3	52,6	53,3	55,8	55,3	54,5	55,9
	Winter	47,6	45,0	46,8	48,4	48,8	49,3	49,3	49,4	47,4
	Frühling	44,7	40,9	41,4	42,2	43,2	44,3	45,1	46,1	45,3

oder als bei der Häufigkeitszunahme der charakteristischen Winde des Sommers nach Tabelle 5.

Die jahreszeitliche Veränderung der Häufigkeiten der Windrichtungen weist darauf hin, dass im Laufe des untersuchten zehnjährigen Zeitabschnittes der ozeanische und mediterrane Einfluss gewaltiger war als der kontinentale Einfluss, der vorzüglich im Winter vermutet, aber statistisch nicht belegt werden kann. Auf einen besonders starken mediterranen Einfluss weist die gewaltige Zunahme der Windgruppe SE—W von Sommer auf dem Herbst hin. Es kann auch beobachtet werden, dass gleichzeitig ein Rückfall der N—E Windgruppe eingetreten ist. Daraus kann gefolgert werden, dass die herbstliche Zunahme der mediterranen Zyklonentätigkeit nach der zyklonenarmen Sommerzeit ein charakteristischer Zug des untersuchten zeitabschnittes war. Vom Herbst zum Winter aber war der zweifellos schwächere kontinentale Einfluss noch genügend dazu, dass derselbe den Einfluss der mediterranen Zyklonentätigkeit abschwächen und die Relativzahl des Vorkommens der Wind-

gruppe SE—W herabsetzen konnte. Der intensive mediterrane Einfluss im Herbst kann auch in der herbstlichen advektiven Wärmeeinnahme der troposphärischen Schichten über Ungarn nachge wiesen werden über der wir in einer früheren Arbeit (BÉLL 1969) Folgerungen auf Grund der Veränderung des Windvektors mit der Höhe über Budapest aufstellen konnten.

Die Tabellen 5 und 6 weisen auf den Einfluss hin, der durch Meere und Festländer auf die jahreszeitliche Veränderung der Luftströmung ausgeübt wird. Diese monsunartige Einflüsse widerspiegeln für den untersuchten Zeitraum eine kräftigere Wirkung der Meere als der Festländer. Die in den charakteristischen Windrichtungen des Winters und des Sommers sich ausdrückende monsunale Wirkung kann, wie oben erwiesen wurde, über Szeged bis zu einer Höhe von 3000 m, wenn auch in einer mit der Höhe sich abschwächender Weise, erkannt werden. Diese Feststellung wird noch ergänzt durch unsere erste Untersuchung, welche wir betreffs der auf den eigenen Breitenkreis bezogenen Temperaturanomalie von Budapest ausgeführt haben (BÉLL 1969), woraus darauf geschlossen werden konnte, dass der überwiegende ozeanische Einfluss des letzten Jahrzehntes in Budapest und wahrscheinlich auch in ganz Ungarn sich auf die gesamte Troposphäre erstreckendürfte. Jedenfalls befindet sich die Grezzone der Kontinentalität und Ozeanität allgemein in der Nähe von Ungarn und konnte in der Untersuchungsperiode östlich von Ungarn festgelegt werden (im Sommer auf der südrumänischen Tiefebene, im Winter auf der turanischen Tiefebene). Somit kann in Ungarn der ozeanische oder kontinentale Charakter der einzelnen Jahreszeiten, besonders aber des Sommers, in den verschiedenen Zeitabschnitten sehr wechselvoll ausfallen, was sicherlich in einer Veränderlichkeit der charakteristischen Winde der Jahreszeiten einen Ausdruck finden dürfte.

Letzten Endes gliedern sich die in Szeged ausgeführten Höhenwindmessungen recht gut in die Forschungen ein, welche unsere Vorgänger betreffend der Windverhältnisse Ungarns ausgeführt haben und liefern eine Ergänzung derselben durch eine Beleuchtung der vertikalen Windstruktur. Die auf die unterste 3-km-Schicht erweiterte Windbeobachtungen und die daraus abgeleiteten Folgerungen beweisen, dass die in der Mitte der Alföld geltend werdenden klimatischen Faktoren, namentlich der Einfluss des Atlantischen Ozeans, des Mittelmeeres und des eurasiatischen Kontinentes auch in den höheren Schichten noch erkennbar sind. Als eine Folge des durch die Zyklonentätigkeit vermittelten ozeanischen Einflusses und des kontinentalen Einflusses findet man in der unteren Troposphäre mit der Höhe eine Annäherung der beiden Glieder des gefundenen Doppelmaximums und in einer Höhe von 3 km hat man nur mehr ein Häufigkeitsmaximum entsprechend der Grundströmung der weniger gestörten oberen Troposphäre. Die charakteristischen Windrichtungen belegen für das vergangene Jahrzehnt mehr das Auftreten maritimer Einflüsse gegenüber der im Winter viel schwächer zur Geltung kommenden und statistisch nicht gesicherten kontinentalen Einflüssen. Die in Szeged ausgeführten Höhenwindmessungen sind, da sie aus einer orographisch unmittelbar relativ weniger gestörten Zone stammen, sehr geeignet für eine Untersuchung der dreidimensionalen Windstruktur von Ungarn. Durch eine Verarbeitung der Rawind-Messungen, welche auch in bedeutenderen Höhen noch representative Werte liefern, könnte die gegenwärtige Untersuchung, sobald eine genügende Zahl von Angaben zur Verfügung stehen wird, mit wertvollen neuen Erkenntnissen ergänzt werden.

LITERATUR

- BACSÓ, N. (1959): Magyarország Éghajlata. Budapest.
- BAUR, F. (1953): Rechnerische und mathematische Hilfsmittel des Meteorologen. Linkes Met. Taschenbuch. Neue Ausgabe, B. II.
- BEBBER, W. J. VAN (1891): Die Zugstrassen der barometrischen Minima. Met. Zs. 8, 361.
- BERÉNYI, D. (1932): Hegyi-völgyi szelek a Tiszántúlon. Időjárás 36. 81—89.
- BÉLL, B. (1954): A troposzféra éghajlata Magyarország fölött. OMI Kisebb Kiadv. No. 28.
- BÉLL, B. (1969): Die Bedeutung des advektiven Wärmetransportes in der Energiebilanz des Luftraumes des Karpatenbeckens. Acta Climat. (Univ. Szegediensis). Tom. VIII. Fasc. 1—4. 3—31.
- BÉLL, B. (1969): Kontinentalität und Ozeanität in der freien Atmosphäre über Ungarn. Időjárás 73. 193—206.
- BUCSY, J. (1964): Az optikai és rádióteodolittal mért szélesebségek összehasonlítása. OMI Hiv. Kiadv. XXVII/I. 21—31.
- DEFANT, A. (1924): Die Windverhältnisse im Gebiete der ehemaligen Österreich—Ung. Monarchie. Wien.
- HEGYFOKI, K. (1894): A szél iránya a magyar szent korona országában. K. M. Term. Tud. Társ. Budapest.
- KAKAS, J. (1947): Repülőtereink szélirány gyakorisága. Időjárás 51. 58—68.
- KAKAS, J. (1960): Magyarország Éghajlati Atlasza I. Budapest.
- KAKAS, J. (1967): Magyarország Éghajlati Atlasza II. Budapest.
- RÓNA, ZS. (1909): Éghajlat II. K. M. Term. Tud. Társ. Budapest.
- WAGNER, R. (1931): A Magyar Alföld szélviszonyai. Szeged.
- WAGNER, R. (1935—36): Barométeres minimumok Európában. Földrajzi Szeminárium No. 5, No. 7—10. 143—145. 237—245. Szeged.
- WAGNER, R. (1937): A ciklonok útvonalai. Búvár III. 617—619.

GESTALTUNG DER NIEDERSCHLAGSZUVERSICHT IM EINZUGSGEBIET DER DONAU

von G. PÉCZELY

Summary: (Pattern of Precipitation Security on the Catchment Area of the Danube.) In the paper it is pointed out that the investigation of the annual variation and of the geographical distribution within a given region of any statistical quantity describing the variations of the monthly and annual precipitation amounts is indicating the variation in the roles that the various climatical centres of action are exhibiting in the course of a year. A parameter designed by B is introduced (equation 5) which is equal to the quotient of the values derived from a given series of precipitation data possessing a probability of 5% or, respectively, of 10%. The main features of the temporal and special pattern of this quotient are studied by using data from 110 stations from the catchment area of the Danube possessing a rather long series of observations.

Zusammenfassung: In der Arbeit wird darauf hingewiesen, dass eine statistische Kenngrösse, welche zur Beschreibung des Jahresganges und der geographischen Verteilung innerhalb eines gegebenen Gebietes der Veränderlichkeit der jährlichen und monatlichen Niederschlagssummen dient, eine Aufklärung betreffend der von Jahr zu Jahr veränderlichen Rolle der verschiedenen klimatologischen Aktionszentren bietet. Es wird ein Parameter B (mit Hilfe der Formel 5) eingeführt, der gleich dem Quotienten der aus einer gegebenen Niederschlagsreihe abgeleiteten Werten von 10% und 90% Wahrscheinlichkeit ist. Die wesentlichen Züge der Verteilung der Werte dieses Quotienten in Raum und Zeit werden untersucht auf Grund der Angaben von 110 Stationen im Einzugsgebiete der Donau, welche über eine langjährige Beobachtungsreihe verfügen.

1. einleitung

Die Niederschlagszuversicht eines Teiles des Jahres kann durch die *Veränderlichkeit* derselben Periode ausgedrückt werden. Für eine objektive zahlenmässige Charakterisierung der Veränderlichkeit wird irgendein *Streuungsparameter* verwendet. Bei der Auswahl des betreffenden Streuungsparameters muss man sich mit entsprechender Ausführlichkeit ein Bild darüber verschaffen, was für einem Verteilungstyp die Elemente der zur Verarbeitung verwendeten statistischen Probe angehören, und es muss sorgfältig erwogen werden, worin der Zweck besteht, für welchen die Veränderlichkeit durch objektive Kenngrössen angegeben werden soll.

Nun seien die Niederschlagssummen einer vorgegebenen Periode (z. B. des Monats Januar) in den aufeinanderfolgenden Jahren

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_i, \dots, x_n$$

dann ist der in der Mathematischen Statistik am häufigsten verwendete Streuungsparameter die *Quadratische Streuung*, d. h.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1)$$

wobei \bar{x} das arithmetische Mittel der Zahlenreihe bedeutet.

Wesentlich einfacher ist die Herstellung eines anderen Streuungsparameters, der *Variationsbreite*, welche gleich der Differenz des höchsten und des niedrigsten Wertes ist, welche innerhalb der statistischen Probe vorkommen:

$$T = x_{\max} - x_{\min} \quad (2)$$

Nun ersieht man aber, dass die *Variationsbreite* nur eine ziemlich unsichere Abschätzung der Streuung der Elemente der statistischen Probe liefert, zumal ihre Grösse durch die beiden Extremwerte bestimmt wird, welche durch zufallsmässige Wirkungsfaktoren stark beeinflusst werden.

Man erhält eine mehr zuverlässige Information über der Streuung, wenn man eine ausführlichere Untersuchung über der *empirischen Verteilung* der Zahlenreihe vornimmt. Werden die Elemente der statistischen Probe nach ihrer Grösse geordnet, so können dieselben Werte $x(p)$ festgestellt werden, deren Übertreffungswahrscheinlichkeit gleich p ist. Die Differenz zwischen Oberquartil ($p = 25\%$) und Unterquartil ($p = 75\%$) liefert die *Interquartilbreite*, die auch ein gebräuchliches Streuungsparameter darstellt:

$$Q = x(25) - x(75) \quad (3)$$

Der Vorteil dieser Grösse gegenüber der Quadratischen Streuung besteht darin, dass während die Quadratische Streuung streng genommen nur im Falle einer Normalverteilung zur Charakterisierung der Verteilung verwendet werden kann, die Interquartilbreite auch bei einer jeden beliebigen Verteilung eine konkrete Information liefert, denn ein Intervall von der Breite Q enthält 50% der Elemente der statistischen Probe. Bekanntlich besitzen die monatlichen Niederschlagssummen eine Verteilung, welche ziemlich stark von der Normalverteilung abweicht, somit ist die Verwendung der Interquartilbreite als Streuungsparameter im Falle von Niederschlagsreihen besonders angezeigt.

Auf Grund einer ähnlichen Überlegung kann auch die *Variationsbreite* für die Wahrscheinlichkeitswerte $p = 10\%$ und $p = 90\%$ angegeben werden:

$$D = x(10) - x(90) \quad (4)$$

deren weiterer Vorteil gegenüber von (3) darin besteht, dass man über ein grösseres Gebiet der Verteilung eine Information erhält auf Grund der Werte von $x(10)$ und $x(90)$ welche näher zum Maximum bzw. zum Minimum liegen und auch schon aus kürzeren Beobachtungsreihen mit gebührender Sicherheit festgestellt werden können.

Bei einem arealen Vergleich der Werten der Niederschlagszuversicht erscheint es aus mehreren Gründen als zweckmässig, anstatt der Differenz in

Formel (4) den Quotienten B der beiden Grössen als einen „Sicherheitsfaktor“ zu verwenden:

$$B = \frac{x(10)}{x(90)} \quad (5)$$

Somit zeigt dieser Quotient, was für ein Verhältnis zwischen den Wert mit 10 % Wahrscheinlichkeit, der zum Maximum nahe liegt, und dem Wert mit 90 % Wahrscheinlichkeit, der nahe zum Minimum liegt, besteht. Je geringer dieser Quotient ist, umso grösser ist die Niederschlagszuversicht und je grösser derselbe ausfällt, umso unsicherer ist die Niederschlagsverteilung. Mit anderen Worten: der Quotient B ist proportional der Veränderlichkeit.

2. Zielsetzungen der Untersuchung

Es sollen die zeitliche Veränderung und die geographische Verteilung des durch Formel (5) definierten Parameters der Niederschlagszuverlässigkeit im Einzugsgebiet der Donau untersucht werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung liefern einige Beiträge zu einer ausführlicheren Kenntnis der Niederschlagsverhältnisse dieser natürlichen hydrographischen Einheit und werfen ein Licht auf die geographische Verteilung eines Faktors, dessen Kenntnis bei einer pragmatischen Untersuchung der Wasserführung der Flüsse und auch bei der landwirtschaftlichen Planung verwendet werden kann.

Diese Untersuchung beruht auf den Angaben von 110 Stationen, welche auf das Einzugsgebiet der Donau womöglich gleichmässig verteilt sind, und grösstenteils aus der 75-jährigen Epoche 1891—1965 stammen. Von einigen Stationen mussten wir uns, infolge Mangels an Angaben, mit der Verarbeitung einer Angabenreihe die kürzer als 75 Jahre ist, begnügen, die untere Grenze bildeten 60 Jahre. Die Niederschlagsreihen von Stationen, welche Beobachtungen von zumindest 60 Jahren besitzen, bieten eine hinreichend representative statistische Probe dazu, dass man für ein jedes Monat und für ein jedes Jahr die empirischen Verteilungsfunktionen der Niederschlagssummen herstellen kann. Für die Zwecke der weiteren Untersuchungen wurden auf Grund der empirischen Verteilungsfunktionen die Werte $x(5)$, $x(10)$, $x(25)$, $x(50)$, $x(75)$, $x(90)$ und $x(95)$ hergestellt. In der vorliegenden Arbeit sollen nur die hauptsächlichsten Eigenschaften der zeitlichen und räumlichen Veränderungen des Quotienten (5) untersucht werden.

3. Zeitliches System der Niederschlagszuverlässigkeit

Um die hauptsächlichsten Züge der Gestaltung des Quotienten

$$\frac{x(10)}{x(90)}$$

im Laufe des Jahres darzustellen, wurde ein Durchschnittswert aus den Werten der im Raume der Alpen und des Karpatenbeckens liegenden Stationen errechnet und die arealen Durchschnittswerte wurden in *Tabelle I* dargestellt.

Tabelle I.
Areale Durchschnittswerte des Quotienten B

Gebiet	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Alpen	7,3	17,0	7,5	4,0	3,3	2,8	2,6	3,1	4,8	8,2	8,1	6,7
Karpaten- becken	5,7	8,0	8,7	4,8	4,9	4,2	6,0	5,7	7,8	11,3	8,6	5,1

Aus der Tabelle wird es ersichtlich, dass die Gestaltung der Niederschlagszuversicht im Alpengebiet und auch im Karpatenbecken wesentlich die gleiche ist. Höhere Werte des Quotienten, d. h. eine relativ geringste Niederschlagszuversicht hat man am Ende des Winters und am Anfang des Frühjahrs (Februar—März) sowie in der Mitte des Herbstes (Oktober), dagegen erhält man geringere Werte des Quotienten am Anfang und in der Mitte des Sommers (Juni, Juli), und somit besteht zu dieser Zeit die relativ geringste Veränderlichkeit und die höchste Niederschlagszuversicht.

Die geringe Niederschlagszuversicht am Ende des Winters ist in erster Reihe eine Eigenschaft des Alpengebietes, hingegen besitzt im Karpatenbecken eher der Oktober eine geringere Niederschlagszuversicht. Die höhere Niederschlagszuversicht im Sommer ist im Alpengebiet mehr ausgeprägt als im Karpatenbecken, wo von Juli auf Juli eine entschiedene Abnahme der Niederschlagszuversicht auftritt.

Die geringe Niederschlagszuversicht am Ende des Winters, am Anfang des Frühlings und im Mitte des Herbstes kann eigentlich dadurch erklärt werden dass dies eben die Zeitpunkte sind, zu welchen der Richtungswechsel der zwischen dem eurasiatischen Kontinent und dem Atlantischen Ozean bestehenden Monsoonzirkulation einsetzt, und zu diesen Übergangszeiten die Wirkungen der sonst dominanten kontinentalen bzw. ozeanischen Aktionszentren in eine Unsicherheit geraten, einen zufallsartigen Charakter erhalten. Der zufallsartig eintretende Wechsel der Einwirkungen dieser Aktionszentren widerspiegelt sich in diesen Monaten in den von Jahr zu Jahr launenhaft wechselnden Niederschlagsmengen und führt dadurch notwendigerweise zu einer Zunahme der Niederschlagsunsicherheit und des Quotienten B.

Im Sommer, wenn die Häufigkeit der vom Atlantischen Ozean herrührenden Luftströmungen und Frontensysteme zunimmt und auch die Konvektionsaktivität eine Zunahme erfährt, gelangt im Einzugsgebiet der Donau der niederschlagsreichste Teil des Jahres zur Ausbildung (in der östlichen Hälfte des Einzugsgebietes in Juni, im Alpengebiet und in den Nord-Karpaten in Juli). In diesen Monaten erreicht die Niederschlagszuversicht ihren höchsten Wert, hauptsächlich im Alpengebiet, das näher zum ozeanischen Aktionszentrum liegt.

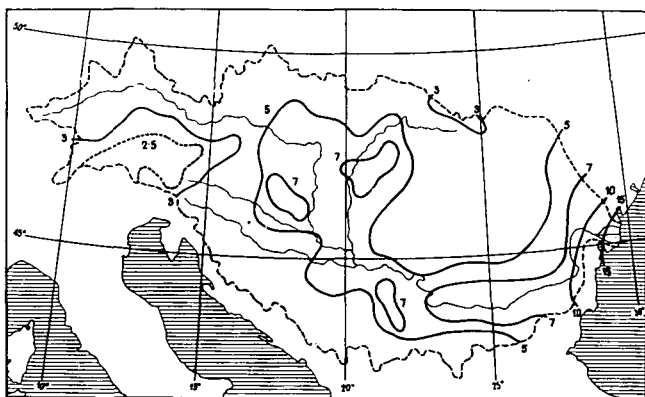
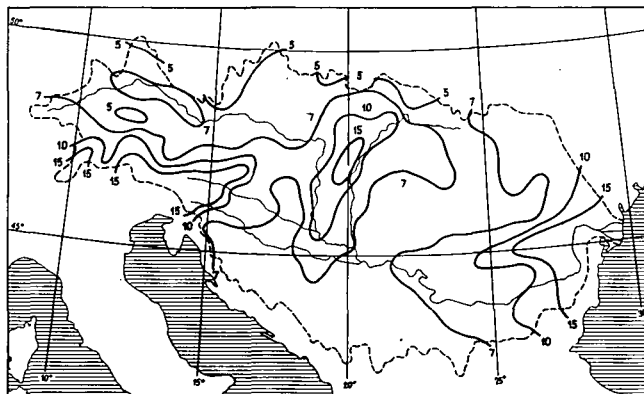
4. Einige charakteristische Züge des räumlichen System der Niederschlagszuversicht

Bei der Analyse der geographischen Verteilung des durch Formel (5) bestimmten Quotienten B wollen wir die Niederschlagszuversicht der Monatssummen zum Gegenstand unserer Untersuchungen machen. Die Wertgebiete der Quotienten bzw. die bei der kartenmässigen Darstellung verwendeten Ab

stufungen der Isolinien wurden im Falle von Monatssummen nach der folgenden Einteilung festgelegt: B geringer als 3, B zwischen 3 und 5, B zwischen 5 und 7, B zwischen 7 und 10, B zwischen 10 und 15, und endlich: B grösser als 15. Die geographische Verteilung dieser Werte wird nur für diejenigen Monate angegeben, welche nach *Tabelle 1* am meisten charakteristisch sind, namentlich) für Februar, Juli und Oktober (*Abb. 1—3*) sowie für die Jahressummen (*Abb. 4*).

In einem bedeutenden Teile des Einzugsgebietes der Donau findet man im Februar die veränderlichste, unsicherste Niederschlagsversorgung. Der Wert des Quotienten B ist in einem grossen Teile des Alpengebietes höher als 10, und in den Ötztaler und den Zillertaler Alpen und südlich von der Tauernkette höher als 15, was schon für eine ausgesprochene Unsicherheit der Niederschlagsversorgung charakteristisch ist. Ein Gebiet von ähnlicher Unsicherheit der Niederschlagsversorgung befindet sich in der Mitte des Karpatenbeckens in der Ungarischen Tiefebene, und weiter im östlichen Teile des Einzugsgebietes auf der süd-rumänischen Tiefebene und bei der Mündung der Donau. Das am meisten charakteristische Unsicherheitsgebiet des Niederschlages befindet sich südlich der Alpenkette, wo infolge der winterlichen Antizyklone über den Alpen (sog. Vojejkov'sche Hochdruckachse) im allgemeinen weniger Winter-niederschlag aufweisende Gebiete zur Zeit der fallweise auftretenden Verstär-

*Abb. 1. Geographische
Verteilung des Quotienten
B, Februar*



*Abb. 2. Geographische
Verteilung des Quotienten
B, Juli*

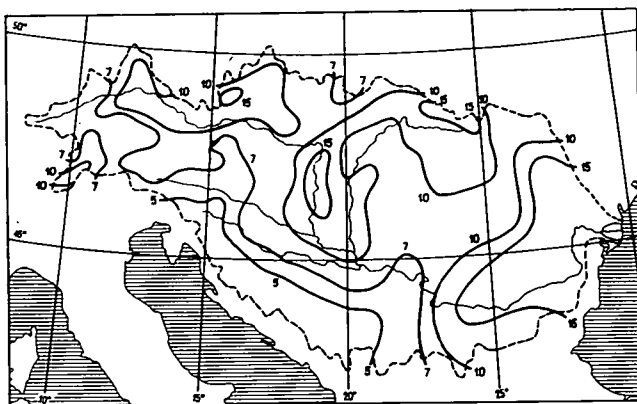
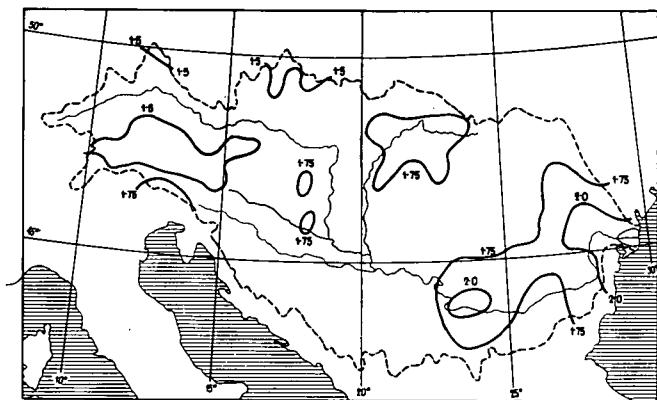


Abb. 3. Geographische
Verteilung des Quotienten
B, Oktober

Abb. 4. Geographische
Verteilung des Quotienten
B, Jahr



kungen der mediterranen zyklonalen Aktivität zwar in selteneren Fällen, aber sehr ausgiebige Winterniederschläge erhalten können. Dies wird schön belegt durch *Tabelle II*, in welcher die relativen Häufigkeiten der Monatssummen des Niederschlages in Februar für die beiden Stationen Oberdrauenburg (an der Südseite der Alpen) und München (im nördlichen Alpenvorland) dargestellt werden. Durch die Angaben dieser Tabelle wird ein grelles Licht auf die ausser-

Tabelle II.

*Relative Häufigkeiten verschiedener Werte der Niederschlagssummen
in Februar (%)*

	0—10 mm	11—30 mm	31—50 mm	51—75 mm	76—100 mm	101— 150 mm	151— 200 mm	mehr als 200 mm	Durch- schnitt	max.	min.
Oberdrau- enburg	20	24	10	11	9	12	7	7	69 mm	398 mm	0 mm
München	2	35	28	24	8	3	0	0	45 mm	144 mm	9 mm

ordentlich launenhafte Niederschlagsversorgung des südlichen Teils des Alpengebietes geworfen, welche aus den oben gesagten erklärt werden kann. Diese Erklärung wird auch dadurch bekräftigt, dass an der Nordseite des Gebirges, wo die Auswirkung der mediterranen Zyklonen nicht mehr zur Geltung kommt, die Niederschlagsunsicherheit eine viel geringere ist. Die Zone der unsicheren Niederschlagsversorgung erstreckt sich auch auf den Karpatenbecken, wo sie dann eine Ausbuchtung erfährt und bestimmt das Gebiet, wo die der Zugstrasse V/B folgenden mediterranen Zyklonen ihren Weg nach Nordosten einschlagen und in gewissen Fällen gewaltige Winterniederschläge liefern können.

In Juli hat man im Alpen- und Karpatengebiete eine gesicherte gleichmässige Niederschlagsversorgung, was aus dem Wert 3 des Quotienten B hervorgeht; man erhält sogar für ein ziemlich grosses Gebiet einen Wert von 2,5. Demgegenüber hat man im Inneren des Karpatenbeckens einen Wert, der höher als 7 ist, was auf eine weniger sichere Niederschlagsversorgung hinweist. In derselben spiegelt sich der Umstand, dass hier einerseits die mittelsommerlichen Niederschläge im Durchschnitt etwas kärglicher sind, doch kommen fallweise ausgiebige Regenfälle als eine Folge ozeanischer Einflüsse vor.

Oktober ist der Monat, welcher im mittleren und östlichen Teile des Einzugsgebietes der Donau die unsicherste Niederschlagsversorgung besitzt und die Verteilung der Werte B ist vielleicht zu dieser Zeit am mesiten charakteristisch. Das Auftreten des herbstlichen Niederschlagsmaximums mit grosser Zuverlässigkeit in der Umgebung des Adriatischen Meeres wird dadurch erwiesen, dass am südlichen Rande des Einzugsgebietes der Quotient einen verhältnismässig geringen Wert (unter 5) annimmt. Das fallweise auftretende Geltendwerden der mediterranen und atlantischen Zyklonentätigkeit, durch welche die mehr ausgiebige herbstliche Niederschläge hervorgerufen werden, und die damit verbundene hochgradige Niederschlagsunsicherheit wird dadurch ausgedrückt, dass in der östlichen Hälfte des Bayrischen Beckens, im Mährischen Becken, sowie in der Mitte und am nordöstlichen Rande des Karpatenbeckens, Werte des Quotienten B auftreten, welche zwischen 10 und 15 liegen. Ausserdem spielen in der Ausgestaltung des Gebietes an den südwestlichen Hängen der Nordöstlichen Karpaten auch die orographischen Faktoren eine wesentliche Rolle, zumal hier die Niederschlagsaktivität der von Südwesten heranziehenden mediterranen Zyklonen durch die orographische Hebung kräftig unterstützt wird.

Freilich sind die Quotienten B im Falle der Jahressummen des Niederschlages bedeutend geringer als im Falle der Monatssummen. Der Grund soll darin gesucht werden, dass ein langwieriges Bestehen der Zirkulationslagen, welche zu einer einseitigen Verschiebung der Niederschlagsverhältnisse führen, nicht wahrscheinlich ist, und innerhalb eines Jahres die Tendenz zu einem Ausgleich der Extremitäten sicherlich zur Geltung kommen wird. Bei den Jahressummen des Niederschlages erhält man B-Werte zwischen 1,4 und 2,2 und als eine allgemeine Tendenz kann es beobachtet werden, dass die Unsicherheit der Niederschlagsversorgung parallel zum Geltendwerden der kontinentalen klimatischen Einflüsse von Westen nach Osten zunehmen, und ausserdem gibt es eine lokale Verstärkung im Inneren des Karpatenbeckens.

ANGABEN ZUR BODENTEMPERATUR E- UND W-EXPONIERTER HÄNGE

von J. BOROSS

Summary: (*Data to the soil temperature of the E- and W-exposed slopes*) The autor carried out microclimatic observations in the Bükk mountains in Hungary on similarly inclined E- and W-exposed valley slopes day and night between 1 and 20 August, 1970. On the basis of these observations he compares the extreme values of the soil temperature according to the duration of sunshine of the slopes and according to the different types of the diurnal variation of cloudiness.

He establishes that on clear days the warmest point of the valley in the 2 to 10 cm deep soil layers is on the W-exposed slope, but with the growth of cloudiness the maximum becomes transferred to the valley bottom. The deeper layers are in any kind of cloudiness warmest in the E exposition.

The cause of such a distribution of the soil temperature maximum is that the E- and W-exposed slopes receive different amounts of irradiation according to the diurnal variation of cloudiness.

Zusammenfassung: Der Verfasser hat im Bükk-Gebirge in Ungarn auf gleich neigenden E- und W-exponierten Talwänden zwischen 1–20. August 1970 Tag und Nacht stundenweise Mikroklimamessungen ausgeführt. Auf Grund dieser Messungen vergleicht er die Extremwerte der Bodentemperatur nach der Sonnenscheindauer der Hänge und nach den verschiedenen Typen des Tagesgangs der Bewölkung.

Er stellt fest, dass der wärmste Punkt des Tales an heiteren Tagen in 2–10 cm Bodenschichten auf dem W-exponierten Hang zu finden ist, aber mit der Zunahme der Bewölkung wird das Maximum auf den Talgrund verlegt. Die tieferen Bodenschichten sind bei jeder Bewölkung an der E-exposition am wärmsten.

Die Ursache einer solchen Verteilung des Bodentemperaturmaximums ist, dass die E- und W-exponierten Hänge dem Tagesgang der Bewölkung gemäss verschiedene Mengen von Bestrahlung bekommen.

Einleitung

Die Temperatur des Bodens ist eine Funktion des Wärmehaushaltes des Bodens in der Strahlungs-, Ableitungs- und Aggregatzustandsveränderungsfaktoren eine Rolle spielen.

R. GEIGER (1961) hat in seiner grundlegender Arbeit die Rolle der mit dem Wärmehaushalt der Bodenoberfläche zusammenhängenden Faktoren zusammengefasst. R. GEIGER sowie A. V. PAWLOW (1965), KISSNÉ, ERZSÉBET TÓTH (1966) haben in ihren Beobachtungen und Rechnungen nachgewiesen, dass an heiteren Sommertagen an der Einnahmeseite des Wärmehaushaltes die globale

Strahlung, und innerhalb dieser die direkte Strahlung, die Grösse der anderen Komponenten weit überschritt, also an heiteren Sommertagen bedingt primär die direkte Strahlung die Erwärmung der Bodenoberfläche und der tieferen Schichten.

A. ANGSTRÖM, S. FRITZ, I. SZAWINOW haben den zahlenmässigen Zusammenhang der globalen Strahlung und der Sonnenscheindauer untersucht. Z. DOBOSI (1957) hat ihre Resultate zusammengefasst und mit einigen Modifikationen ihre Feststellungen für ungarische Verhältnisse angewandt. Diese Zusammenhänge können in mikroklimatologischen Untersuchungen nur für längere Angabenreihen mehrerer Jahre angewandt werden. Es ist aber wahr auch für stündliche Beobachtungen, dass der Sonnenscheindauermesser zeigt wann und wie lange direkte Strahlung auf die Oberfläche kam.

Gleichsinkende E- und W- exponierte Oberflächen — wenn man nur die Sonnenhöhe und die Dauer der Einstrahlung in Betracht zieht — bekommen gleiche Mengen von direkter Strahlung, aber im Tagesgang der Einstrahlung werden die Zeitpunkte der Maxima der Hangsonnenkulmination entsprechend verschoben. Man muss aber auch den Tagesgang der Durchlässigkeit der Atmosphäre, den Tagesgang der zerstreuten Strahlung und der Bewölkung in Betracht ziehen und dass unter natürlichen Umständen die materielle Qualität der Oberfläche nicht homogen ist, wegen der mehr entfernten und der näheren Umgebung die Horizontbeschränkung verschieden ist und da die Neigung nicht gleichmässig ist, die Exposition nicht in allen Punkten gleich ist.

Also wird die Temperatur der Bodenoberfläche und der tieferen Schichten des Bodens neben der direkten Strahlung auch von anderen Faktoren beeinflusst.

W. MAHRINGER (1961) hat sich mit den Strahlungs — und Temperaturverhältnissen der verschiedenen Expositionen beschäftigt, wobei er die Strahlungsverhältnisse und die Oberflächentemperatur verschieden exponierter Strassanfronte und Hausblöcke untersuchte. H. TURNER (1958) hat am Waldrand in den Alpen und CH. URFER—HENNEBERGER (1970) in einem „V“ — förmigen Alpental an E- und W- exponierten Hängen Strahlung, Boden- und Lufttemperatur gemessen.

Auch in Ungarn sind im Bükkgebirge ähnliche Untersuchungen vorgenommen, aber entweder nur an gleich exponierten Hängen mit einem anderen Zweck (R. WAGNER 1969), oder in völlig geschlossenen Dolinen, wo neben der Exposition die morphologisch bedingten mikroklimatischen Eigentümlichkeiten stark dominierten (I. BÁRÁNY 1967, R. WAGNER 1963, 1964, 1970).

In unserem Aufsatz vergleichen wir die Extremwerte der Bodentemperatur eines E- und W- exponierten gleichmässig neigenden Hanges mit der Sonnenscheindauer der Hänge und mit einigen Typen des Tagesgangs der Bewölkung.

Untersuchungsgebiet und Messungsmethoden

Das Klimatologische Institut der Attila József Universität von Szeged führt unter der Leitung von R. WAGNER seit beinahe zwei Jahrzehnten Mikroklimauntersuchungen im Bükk-Gebirge aus. Im Laufe des Forschungsprogramms bot sich die Möglichkeit in 1970 Mikroklimamessungen an frisch kahlegelegten beinahe gleichen, gleichmässig neigenden, E- und W- expo-

nierten Talabhängen auszuführen. Der Ort der Messungen ist das sogenannte „Hét fenyő völgy“ („Siebentannental“), das von Hochplateau des Bükk hinabführt und vom Gipfel Kurtabérc etwa 500 m weit liegt (N 48°08' und E 20°35').

Das Tal ist nach N offen, die Neigung der Talwände ist 21—23°. Der Wald des Tales (ein 50—70 Jahre alte Buchenwald) wurde einige Monate vor dem Beginn der Messungen gefällt, so gab es noch keine grüne Vegetation auf dem Bodens. Der Boden der Hänge ist felsig, steinig, die Oberfläche ist mit vermodernden Blättern lückenhaft bedeckt.

In diesem Tal wurden die Messungsstationen senkrecht auf die Achse des Tales aufgestellt. Die Talmündung wurde als relative 0 m Höhe genommen (die Höhe dieses Punktes ist 690 m, über dem Meeresspiegel) und die Stationen wurden mit 6 m Höhenunterschieden sowie am Talgrund bei der Begegnung der Abhänge und des Talgrundes angelegt. Die Messungspunkte wurden mit Nummern bezeichnet (Abb. 1). Die Stationen 8—12 waren auf dem ganz kahlen, E-exponierten Abhang, die Messungspunkte 1—3 waren auf der W-Exposition. Station 1 war am Rande des noch überbleibenden ursprünglichen Buchenwaldes. Infolgedessen war die Beschattung und die Horizontbeschränkung an dieser Station sehr gross. Stationen 4—7 waren am Talgrund aufgestellt. Von diesen, Station 6, die in der Abbildung nicht figuriert, ist in der Achsel des Tales nördlich von Station 5 in 6 m Höhe zu finden.

Die Bodentemperatur wurde an allen Stationen in 2, 5, 10, 15, 20, 25 und 30 cm Tiefe mit Quecksilberthermometern und parallel damit an einigen Stationen mit elektrischen Thermometern gemessen. Sonnenscheindauermesser wurden an Stationen 1; 2, 5, 9 und 12 angelegt. Assmannsche Psychrometer (in 10 und 150 cm Höhe) und Schalenanemometer (in 1 m Höhe) wurden an 8 Stationen aufgestellt.

Bei jeder Observation wurden neben instrumentalen Messungen die Bewölkung, die Windrichtung und andere meteorologische Erscheinungen betreffende Beobachtungen ausgeführt. Die Lufttemperatur wurde jede 30 Minuten, die Bodentemperatur und die Luftfeuchtigkeit Tag und Nacht-

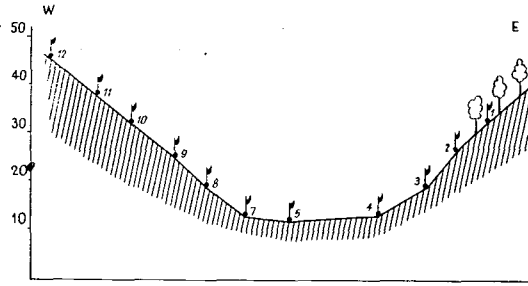


Abb. 1. Die Lage der Stationen im Untersuchten Gebiet

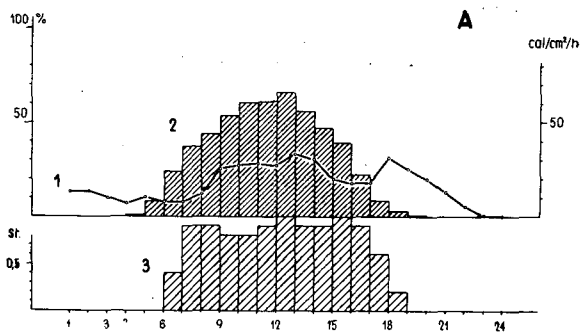
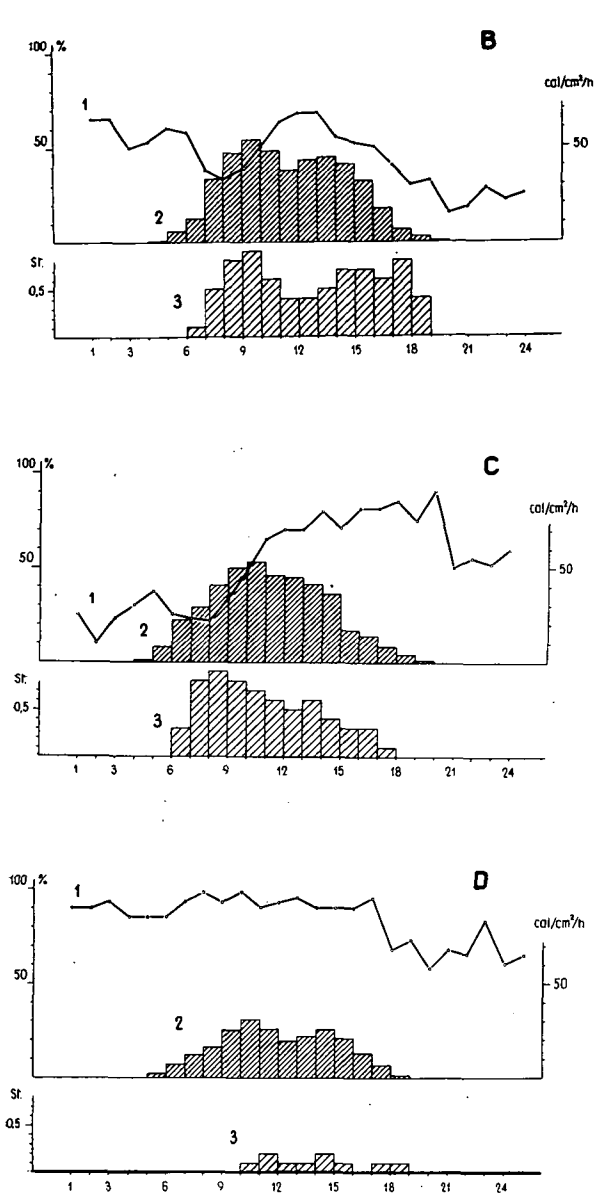


Abb. 2. Die Durchschnittswerte der Bewölkung (1), der Globalstrahlung (2) und der Sonnenscheindauer (3) an der Klimastation auf Kurtabérc nach den Typen des Tagesgangs der Bewölkung



stundenweise gemessen.

Neben den Mikroklimamessungen wurde auf Kurtabérc auch eine Standard-Klimastation mit unmittelbar ablesbaren und registrierenden Instrumenten betrieben. Zur Aufrüstung der Klimastation gehörten auch ein Sonnenscheindauermesser, ein Regenschreiber und ein Globalstrahlungsschreiber vom „Kipp“ Typ.

Während der Untersuchungsperiode (zwischen 1—20 VIII. 1970) war das Wetter veränderlich. Die Zahl der regnerischen Tage war 11, der Niederschlag war neunmal messbar, zweimal nur spurenhafte. Während der 20 Tage der Beobachtungsperiode fiel 92,1 mm Niederschlag. Viermal fiel ein 10 mm überschreitender Regen. Der Regen war jedesmal mit Gewitter verbunden.

Die Untersuchungstage teilten wir—unter Berücksichtigung der auf Kurtabérc gemessenen Sonnenscheindauer und Globalstrahlung—auf Grund der Bewölkung in vier Gruppen (Abb. 2):

A = Heiteres Wetter ohne Niederschlag, mehr als 10 Stunden Sonnenschein pro Tag. Eine grössere Menge von Bewölkung gibt es

nur in den Mittagsstunden überschreitet aber 40% bei keiner Gelegenheit (2, 5, 13, 14, 15 und 20 VIII.).

B = Mittelmässig wölkiges Wetter, das Maximum der Bewölkung fällt in die Mittagsstunden, ihr Maximum ist durchschnittlich 70%; die Bewölkung nimmt bis zum Nachmittag allmählich ab. Die Sonnenscheindauer in den Mittagsstunden ist 0,5 Stunde (1, 4, 12, 19 VIII.).

C = Mittelmässig bewölkt, die Morgenstunden und die Frühvormittags-

stunden sind heiter, dann steigt die Bewölkung allmählich über 80 % und der Himmel bleibt auch in den Nachmittags- und Abendstunden dauernd bewölkt (3, 6, 7, 8, 9, 10 VIII.).

D = Trübes Wetter, der Himmel ist den ganzen Tag bewölkt, die Sonnenscheindauer ist nur einige Zehntelstunden. (11, 16, 17 und 18 VIII.).

Die Untersuchung der Extremwerte der Bodentemperatur geschah mit der Hilfe der mittleren Werte der zu den einzelnen Gruppen gehörenden Tage, wobei gelegentlich auch die Angaben einzelner Tage gebraucht wurden.

Die Sonnenscheindauer in E- und W-Expositionen

Die Sonnenscheindauer der Stationen auf den Hängen und am Talgrund wurden mit Campbell-Stokesschen Sonnenscheinautographen gemessen. Die mögliche Sonnenscheindauer wurde mittels eines Horizontspiegels nach der Methode von L. TAKÁCS bestimmt (Abb. 3). Die Ausrechnung der relativen Sonnenscheindauer hat keine praktische Bedeutung und gibt wegen instrumentaltechnischer Bedingungen kein reales Resultat; darum haben wir die Angaben der anderen Stationen mit der Sonnenscheindauer des als horizontal ansehbaren Talgrundes (Station 5) verglichen (Tabelle I).

An den heiteren auf dem W-exponierten Hang um ungefähr 30 %, im Fall B um 40—44 % und im Fall C um 60—70 % weniger als an Station 5. In den E — Expositionen war der Unterschied geringer: die Sonnenscheindauer war dort nur um 5—15 % grösser als am Talgrund.

Vergleicht man die Zahl der Sonnentunden, so sieht man klar den Zusammenhang des Tagesganges der Bewölkung und der Sonnenscheindauer auf den E- und W-exponierten Hängen im Falle der Type mit mittlerer Bewölkung (B und C). Im Falle eines mittäglichen Bewölkungsmaximums ist die Zahl der Sonnenstunden in E- Exposition beinahe zweimal so gross und im Falle eines nachmittäglichen Bewölkungsmaximums ungefähr drei oder

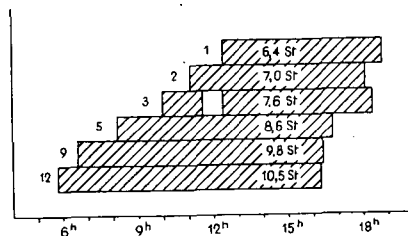


Abb. 3. Die örtlich mögliche Sonnenscheindauer an den verschiedenen Stationen

Tabelle I.

Station	A		B		C		D	
	St Summe von 6 Tagen	%	St Summe von 4 Tagen	%	St Summe von 6 Tagen	%	St Summe von 4 Tagen	%
1.	32,9	71,0	13,3	55,9	9,4	28,6	2,6	83,9
2.	32,0	69,1	14,8	62,2	13,2	40,1	2,3	74,2
5.	46,3	100,0	23,8	100,0	32,9	100,0	3,1	100,0
9.	51,3	110,8	24,8	104,2	36,2	110,1	2,8	90,3
12.	52,8	114,0	24,6	103,4	38,2	116,1	3,3	106,5

Tabelle I. Die wirkliche Sonnenscheindauer nach den Typen des Tagesganges der Bewölkung

viermal so gross. An den heiteren Tagen erreicht die Sonnenscheindauer an keiner Station eine Stunde pro Tag, und die Differenzen zwischen den verschiedenen Expositionen nur einige Zehntelstunden betragen.

Die Bodentemperatur

Wenn man die Minimumwerte der Bodentemperatur betrachtet, sieht man deutlich die Gestaltung des Taltyps (Tabelle II). Die oberflächennahen Schichten sind am Talgrund an Station 5 am kühlgsten und das ist natürlich so bei allerlei Bewölkung. Je grösser ist aber die prozentige Quantität der Bewölkung, desto minder ist der Unterschied in den Minimumwerten der verschiedenen Stationen.

In den Bodenschichten unter 10 cm aber wird das Minimum auf den W-exponierten Hang hinübersetzt und es wird an Station 3 am niedrigsten. Ebenso ist das Temperaturmaximum an derselben Station in denselben Schichten (abgesehen von Station 1) am niedrigsten. Also ist das niedrige Minimum nicht die Folge der starken Abkühlung, sondern der geringeren Erwärmung infolge der geringeren Einstrahlung.

Es ist interessant, dass die Minima der Station am Waldrand und der ganz offen E- exponierten Station 12 in 2, 5 und 10 cm Schichten mit einem Unterschied von 0,1—0,2 °C fast gleich sind, was aber natürlich nur eine zufällige Übereinstimmung ist, da die Maxima an Station 12 höher sind, aber wenn

Tiefe cm	A						B					
	1.	2.	3.	5.	9.	12.	1.	2.	3.	5.	9.	12.
2	13,9	13,7	11,7	10,6	13,0	13,7	14,6	14,7	13,2	12,4	14,2	14,5
5	14,4	14,7	12,4	11,9	13,4	14,6	15,1	15,4	13,6	13,4	14,6	15,2
10	14,8	15,2	13,1	13,5	14,1	15,0	15,3	15,7	14,0	14,5	15,1	15,6
15	14,9	15,5	13,9	14,7	14,4	16,0	15,3	15,9	14,5	15,4	15,3	16,1
20	15,0	15,7	14,3	15,4	15,0	16,3	15,4	16,1	14,6	15,9	15,5	16,1
25	15,2	16,1	14,5	15,5	15,3	16,1	15,5	16,4	14,7	15,9	15,7	15,9
30	15,4	16,0	14,5	15,3	15,4	15,8	15,5	16,2	14,8	15,6	15,7	15,7

Tiefe cm	C						D					
	1.	2.	3.	5.	9.	12.	1.	2.	3.	5.	9.	12.
2	15,8	16,4	14,3	13,6	15,8	16,4	15,1	15,4	14,4	14,0	15,2	15,6
5	16,1	17,1	14,7	14,6	16,1	17,1	15,4	16,1	14,7	14,5	15,6	15,9
10	16,3	17,3	15,2	15,7	16,5	17,4	15,6	16,3	15,0	15,3	15,8	16,2
15	16,3	17,4	15,6	16,5	16,9	18,0	15,7	16,4	15,3	16,0	16,0	16,6
20	16,4	17,5	15,6	17,0	17,0	18,1	15,7	16,5	15,3	16,4	16,1	16,8
25	16,4	17,5	15,5	16,8	17,1	17,7	15,8	16,6	15,3	16,2	16,2	16,6
30	16,4	17,3	15,4	16,3	16,7	17,3	15,9	16,4	15,2	15,9	16,2	16,3

Tabelle II. Die durchschnittlichen Minima der Bodentemperatur nach den Typen des Tagesgangs der Bewölkung

Tabelle III.

Tiefe cm	A						B					
	1.	2.	3.	5.	9.	12.	1.	2.	3.	5.	9.	12.
2	19,8	23,6	26,8	23,6	21,3	21,9	18,6	21,0	22,9	23,1	20,3	21,2
5	18,8	20,2	23,9	21,5	20,4	20,3	18,1	19,1	21,1	21,3	19,6	20,0
10	17,5	18,8	20,2	19,1	19,1	19,1	17,3	18,2	18,7	19,0	18,8	19,0
15	16,8	17,7	17,3	17,8	18,3	18,4	18,6	17,3	16,7	17,8	18,1	18,3
20	16,5	17,4	17,0	17,4	17,6	17,5	16,5	17,2	16,5	17,2	17,4	17,3
25	16,1	16,9	16,1	16,4	16,8	17,1	16,1	16,8	15,8	16,5	16,7	16,8
30	15,9	16,7	15,2	15,9	16,1	16,4	15,8	16,6	15,2	16,0	16,0	16,1

Tiefe cm	C						D					
	1.	2.	3.	5.	9.	12.	1.	2.	3.	5.	9.	12.
2	19,5	23,0	24,6	25,2	22,5	23,8	17,3	19,1	20,4	20,4	19,1	19,5
5	19,0	20,4	22,7	23,0	21,7	22,1	17,1	17,9	19,2	19,4	18,5	18,8
10	18,1	19,2	19,6	20,2	20,5	20,8	16,9	17,5	17,8	17,9	18,2	17,9
15	17,6	18,7	17,7	18,9	19,9	19,8	16,6	17,0	16,6	17,3	17,4	17,6
20	17,5	18,5	17,5	18,4	19,0	18,9	16,5	17,0	16,5	17,1	17,3	17,1
25	17,1	17,9	16,7	17,4	18,1	18,2	16,5	17,1	16,0	16,5	16,7	16,6
30	16,7	17,6	15,9	16,8	17,1	17,7	16,1	16,8	15,2	16,1	16,5	16,5

Tabelle III. Die durchschnittlichen Maxima der Bodentemperatur nach den Typen der Tagesgangs der Bewölkung⁸

das Maximum der Bewölkung am Nachmittag einsetzt und so die W-Exposition noch weniger Einstrahlung bekommt, sind die Minima hier um ungefähr 1,0° niedriger.

Wenn man die Minima betrachtet, ist der Unterschied zwischen gleichen Schichten der verschiedenen Stationen an heiteren Tagen maximal 3,1 °C in 2 cm zwischen Station 5 und Station 12. An den Tagen mit schwereren Bewölkung ist der Unterschied noch geringer. Auch der Unterschied zwischen den Maxima erreicht 5,0 °C nur an heiteren Tagen (Tabelle III).

Den grössten Temperaturunterschied der Expositionen findet man nicht zwischen den Maxima, oder Minima sondern in den Morgenstunden, schon nach Sonnenaufgang. Bei der Untersuchung der Erwärmung und Abkühlung der Dolinen des Bükk wies R. WAGNER nach, dass der Temperaturunterschied auf den Exponierten Hängen in den Morgenstunden wegen der intensiven Temperaturerhöhung in der bodennahen Luftschicht im Vergleich zu den anderen Expositionen sogar 12,0 °C übersteigen kann.

Nach dem Einsetzen des Minimums, das an allen Stationen in 2 cm zwischen 5 und 6 Uhr geschieht, hängt die Intensität der Temperaturerhöhung davon ab wann die Besonnung des Hanges beginnt (Tabelle IV). Die intensive Temperaturerhöhung beginnt am Talgrund und an der E-Exposition dem Sonnenaufgang entsprechend zwischen 5 und 6 Uhr mit einer Geschwindigkeit von 1,8—2,6 °C pro Stunde. Zu dieser Zeit bekommt die W-Exposition nur noch zerstreute Strahlung. Die Erhöhung der Temperatur an Station 3 ist 0,4—

Tabelle IV.

Stunde	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13
Station												
1.	-0,2	-0,3	-0,2	-0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,4	0,6
2.	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	-0,1	0,0	0,2	0,2	0,4	0,6	3,0	2,6
3.	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	0,2	0,5	0,6	0,5	0,9	2,9	3,4	3,5
5.	-0,4	-0,4	-0,4	-0,2	0,5	0,8	2,1	1,8	2,6	1,5	2,0	1,0
9.	-0,4	-0,3	-0,3	-0,2	0,1	1,6	1,8	1,3	1,2	1,2	0,8	0,2
12.	-0,4	-0,4	-0,1	-0,2	0,0	0,9	1,3	1,2	1,4	1,2	1,2	0,7

Stunde	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
Station											
1.	1,7	1,5	0,9	0,3	-0,2	-0,6	-0,9	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2
2.	1,4	1,1	0,3	-0,5	-1,2	-1,3	-1,0	-1,0	-0,8	-0,5	-0,4
3.	3,6	1,7	0,9	-1,0	-2,7	-3,1	-2,2	-1,1	-0,8	-0,7	-0,5
5.	0,5	-0,2	-0,7	-1,6	-2,0	-1,9	-1,4	-0,8	-0,6	-0,6	-0,6
9.	0,1	-0,3	-0,5	-1,0	-1,3	-0,8	-0,6	-0,5	-0,4	-0,4	-0,3
12.	0,2	-0,5	-0,5	-0,6	-0,6	-0,7	-0,7	-0,7	-0,5	-0,5	-0,4

Tabelle IV. Der Tagesgang der stündlichen Veränderung der Bodentemperatur in 2 cm (Durchschnitt der heiteren Tage)

0,6 °C; an den Punkten, die unter der Schattenwirkung des Waldrandes stehen, nur 0,2—0,3 °C und so steigt hier die Temperatur bis zum lokalen Sonnenaufgang bis 11 oder 13 Uhr nur um 1,4—1,7 °C im Vergleich zum Temperaturminimum.

Es ist dann, dass der grösste Temperaturunterschied zwischen den verschiedenen Expositionen entsteht. Zwischen den E- und W-Expositionen übersteigt er um 11—12 Uhr im Durchschnitt von sechs heiteren Tagen 6,5 °C, aber an den einzelnen Tagen kann er im 2 cm Niveau sogar 8,0—8,5 °C erreichen.

Die Besonnung der W-Exposition beginnt nach 10 Uhr. Auf diesen Hang kommt wegen der grösseren Höhe der Sonne über dem Horizont mehr Energie pro Zeiteinheit schon am Beginn der Besonnung als auf die E-Exposition bei gleichem Einfallswinkel. Und so, obwohl der Hang um 11 Uhr noch um 4,0—5,0° kühler war als die E-Exposition, beziehungsweise der Talgrund, wird der wärmste Punkt des ganzen Tales bis 15—16 Uhr auf diesem Hang sein. Die Temperaturerhöhung kann nach 11 Uhr 3,5 °C pro Stunde übersteigen, aber nach der Hangkulmination der Sonne nimmt ihre Intensität rasch ab, und nach 16 Uhr beginnt schon eine intensive Abkühlung mit einer Geschwindigkeit von 2,5—3,0 °C.

Die E-Exposition zusammen mit dem Talgrund bekommt nach der Hangkulmination der Sonne vor 10 Uhr noch eine beträchtliche Menge direkte und zerstreute Strahlung und so trotzdem, dass der Zeitunterschied zwischen den Hangsonnenkulminationen der zwei verschiedenen Expositionen vier Stunden beträgt, ist die Zeitverschiebung zwischen dem Eintreten der Temperaturmaxima nur zwei Stunden.

Das höchste Temperaturmaximum ist in den 2, 5 und 10 cm Schichten an

Station 3 der W-Exposition zu finden, aber in den Schichten tiefer als 10 cm ist die E-Exposition um ungefähr 1,0 °C. Bei der Untersuchung eines ähnlich exponierten aber viel grösseren alpinischen Tales hat CH. URFER—HENNEBERGER (1970) für die Maxima der Oberfläche und der oberflächennahen Bodenschichten ein ähnliches Ergebnis erhalten. Auch W. MAHRINGER (1961) hat die W-exponierte Oberfläche am wärmsten gefunden. Die Erklärung einer solchen Verteilung der höchsten Temperaturmaxima sollte man in dem Unterschied der auf die Hänge kommenden Energiemenge suchen.

In den Mittagsstunden bekommt die W-Exposition intensivere, aber kurzer dauernde direkte Strahlung. In den Frühhmorgenstunden bekommt die E-Exposition weniger intensive aber länger dauernde Strahlung. Vermutlich bekommt die W-Exposition weniger Energie, die nur zur Erwärmung der oberen Bodenschichten genügend ist. Die E-Exposition bekommt zerstreute Strahlung bis spät am Nachmittag, und auch wenn die Bodenoberfläche sich nicht stark erwärmt, kann mehr Energie in die tieferen Schichten gelangen.

An den Tagen mit schwererer Bewölkung, ob das Maximum der Bewölkung um Mittag oder am Nachmittag ist, vermindert die Bewölkung die auf die W-Exposition gelangende Strahlung und so wird das höchste Maximum der Bodentemperatur in 2 und 5 cm Tiefe auf Station 5 verlegt, aber in den anderen, tieferen Schichten ähnlich wie an heiteren Tagen wird es am wärmsten auf dem E-exponierten Hang.

An trüben Tagen ist die Sonnenscheindauer durchschnittlich einige Zehnstunden, es gibt wenig direkte Strahlung, und der Unterschied zwischen den zwei Expositionen erreicht nicht 1,0 °C.

Zusammenfassung

Mikroklimauntersuchungen wurden zwischen 1—20. August 1970 in einem Tal mit E- und W-Hängen im Bükk-Gebirge ausgeführt.

Auf Grund der Tag und Nacht stundenweise ausgeführten Messungen und nach dem Mass der Bewölkung und dem Zeitpunkt des täglichen Maximums der Bewölkung sind die Beobachtungstage in vier Typen eingeteilt. Die Extremwerte der Bodentemperatur gemessen in 7 Schichten in einer Tiefe von 2—30 cm sind in den verschiedenen Typen auf E- und W-exponierten Hängen verglichen.

An heiteren Tagen sind die Bodenschichten zwischen 2—10 cm Tiefe an der W-Exposition und an trüben Tagen am Talgrund, aber die tieferen Schichten in jedem Typ auf dem E-exponierten Hang am wärmsten.

Die Ursache einer solchen Verteilung des Bodentemperaturmaximums ist, dass zwar der W-exponierte Hang wegen der Beschränkung des Horizonts weniger direkte Strahlung bekommt, beginnt seine Besonnung schon bei einer hohen Sonnenstellung und so ist die Intensität der Bestrahlung schon in den ersten Momenten der Besonnung ziemlich gross. Die an Totalmenge geringere aber intensivere Strahlung liefert nur zur Erwärmung der oberen Bodenschichten genügende Energie.

Die Zunahme der Bewölkung um Mittag und am Nachmittag vermindert die auf die W-Exposition gelangende direkte Strahlung. Daher ist die Temperatur am höchsten am vom Gesichtspunkt der Besonnung günstiger gelegenen Talgrund und unter der 5 cm Schicht an der E-Exposition.

LITERATUR

- BÁRÁNY, ILONA (1967): Der Einfluss des Niveauunterschiedes und der Exposition auf die Lufttemperatur in einer Doline im Bükk-Gebirge. *Acta Clim. Univ. Szegediensis VIII.*
- DOBOSI, Z. (1957): A napfénytartam és a globális sugárzás összefüggése Magyarországon. *Időjárás 61.*
- GEIGER, R. (1961): Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig.
- KISSNÉ, TÓTH ERZSÉBET (1966): A hőháztartás komponenseinek alakulása a tenyész-időszakban. *Időjárás 70.*
- MAHRINGER, W. (1961): Studie über die Oberflächentemperatur von Geländen und Strassendecken in Wien. *Wetter und Leben 13.*
- PAVLOV, A. V. (1965): Tyeploobmen promerzajuscsih i protaivajuscsih gruntov sz atmoszferoj. Izdatyelsztvo „Nauka”, Moszkva.
- TURNER, H. (1958): Maximaltemperaturen Oberflächennaher Bodenschichten an der alpinen Waldgrenze. *Wetter und Leben 10.*
- URFER—HENNEBERGER, CH. (1970): Neuere Beobachtungen über die Entwicklung des Schönwetterwindsystems in einem „V” förmigen Alpental (Dischmatal bei Davos). *Arch. Met. Geoph. Biokl. Ser. B. 18.*
- WAGNER, R. (1963): Der Tagesgang der Lufttemperatur einer Doline im Bükk-Gebirge. *Acta Clim. Univ. Szegediensis II.—III.*
- WAGNER, R. (1964): Lufttemperaturmessungen in einer Doline des Bükk-Gebirge. *Zeitschrift für Angewandte Meteorologie. 5.*
- WAGNER, R. (1969): Tagesgänge der Temperatur an Bergwiesen und in Wäldern. *Acta. Clim. Univ. Szegediensis VIII.*
- WAGNER, R. (1970): Kaltluftseen in den Dolinen. *Acta Clim. Univ. Szegediensis IX.*

CONTRIBUTION TO THE CLIMATOLOGICAL STUDY OF RICE-GROWING IN THE REGION OF SZEGED

by ILONA BÁRÁNY

Zusammenfassung: (Angaben zur klimatologischen Untersuchung der Reisproduktion in der Umgebung von Szeged.) Der Reis (*Oryza sativa*) ist eine charakteristische Pflanze des tropischen und subtropischen Monsun- oder Savannaklimas. Nach Weizen ist Reis die zweitwichtigste Nahrungsplanze der Menschheit. Ihre Uhrheimat ist Südost-Asien. Im Laufe der Zeit sind Arten gezüchtet die sich dem Klima akkomodieren konnten und sich auch in Gebieten verbreitet haben wo kein Element der optimalen Klimaerfordernisse befriedigt werden kann.

Schon im 18. Jahrhundert experimentierte man in Ungarn mit der Akklimatisation des Reises eine umfangreichere Reisproduktion begann erst nach dem zweiten Weltkriege.

Die Reisproduktion der 20 Jahre zwischen 1951 und 1970 wurde vom Wetter stark beeinflusst. Mit der Ausnahme des Jahres 1955 wurden die ersten zehn Jahre von der Erwärmung charakterisiert, die am Ende des vorigen Jahrhunderts begonnen hatte. Zwischen 1961—70 war das Wetter veränderlicher und unter dessen Einfluss waren die Produktionsdurchschnitte niedriger. In der Umgebung von Szeged gab es hohe Produktionsdurchschnitte in den extrem warmen Jahren. Der Sonnenschein- und Wärmebedarf ist besonders in Juli und August sehr gross, da die Perioden der Halmentwicklung, des Blühens und der Rispenbildung auf diese Zeit fallen. Mangel an Licht aber verzögert die Entwicklung der Pflanze schon vom Beginn der vegetativen Periode. Das Zustandekommen der Bedingungen der Reiskrankheiten wird von einem hohen Dampfgehalt der Luft begünstigt.

Die Durchschnittsproduktion ist in positivem Verhältnis mit der mittleren Temperatur und mit der Sonnenscheindauer. Die Korrelation ist noch enger wenn man die Wetterelemente der verschiedenen Phenophasen betrachtet. Es ist wünschenswert die Untersuchungen im weiteren auf die Phenophasen auszubreiten.

Summary: Rice (*Oryza sativa*) is a characteristic plant of the tropical and subtropical monsoon or savanna climate. After wheat it is the second most important food plant of mankind. Its original habitat is South—East Asia. In the course of its cultivation varieties of it were developed that could adapt themselves to the climate and came into general use also in areas where none of the optimal climatic requirements can be found.

In Hungary experiments for the acclimatization of rice were conducted as early as the 18th century, yet rice-growing on any considerable level started only after World War II.

Rice production in the 20 years between 1951 and 1970 was greatly influenced by the weather conditions. With the exception of the year 1955 the first 10 years were characterized by the warming which had begun at the end of the last century. Between 1961 and 1970 the weather was more changeable and as a consequence of this the average yields

became smaller. In the region of Szeged there were high average yields in the unusually warm years. The sunshine and heat requirements of the plant were especially great in the months of July and August, which comprise the periods of stem formation, flowering, and panicle formation. But the scarcity of light retards the development of the plant from the very beginning of the vegetative phase. High vapor content of the air favors the development of diseases.

The average yield is in correlation with the mean temperature and the duration of sunshine. The correlation is closer when we examine the weather elements in the various phenophases. It is desirable to extend the investigation to the phenophases.

After wheat rice (*Oryza sativa*) is the second most important food plant of the world. Its original habitat is the tropical swampy region of Asia. In the course of long experience with growing and the research work connected with it, varieties of rice have been produced that can endure the climate. Rice has been introduced also in areas where not one of the optimal requirements can be met. In the Soviet Union it has been carried as far north as the 51st parallel.

The botanists L. REINHARDT (1911) and SPRECHER VON BERNEGG (1929) dealt, besides the description of the plant, with its origin and geographical range, which are orienting facts for the history of the process of acclimatization.

F. F. DAVITAYA (1970), investigating the connections of agriculture and the weather, stated that if the agrotechnics do not change, the weather is responsible for the change in the yield of our crop plants.

In this study we are going to deal with the effect of the weather conditions of a given area on the average yield.

Rice consumption in Hungary has in recent years risen to 3,9—4,1 kg per person. Therefore it is important to investigate thoroughly the ecological conditions of rice-growing, among them the climate and weather.

The acclimatization of rice in Hungary is treated in detail by D. PENYIGÉY in this work entitled „*Rice and its Cultivation*” (1962). In our study we will mention a few important stages of the cultivation experiments.

Rice cultivation began in Hungary in the 18th century. (In the 17th century the attempts of the Turkish conquerors at cultivation failed because they imported the rice of Asia Minor and Egypt the vegetation period of which is long.) The Italian families settling in Hungary in the 18th century did much for acclimatizing rice but the production at that time was inconsiderable. Á. BERDE in 1847 described the climatic requirements of rice and reported on successful rice production going on in Bánát and in the county of Temesvár. The climatic and water supply conditions proved favorable in the southern part of the territory of the country at that time now the territory of Bácska and Bánát counties in Yugoslavia. The question of setting up rice plantations in the region of the Körös and Berettyó rivers was raised at the beginning of the 19th century. In the second half of the century the government dealt officially with the question of rice-growing.

At the beginning of the 20th century the absence of suitable rice varieties and the inadequacy of agrotechnical methods caused a decline in rice production. Only at the time of the First World War was there a new boom.

From that time on experiments for the cultivation of rice also in more northerly parts of the country (e. g. in Pest county) have been going on.

In 1927 the National Rice Board was created, and research work dealing

with the problems of rice cultivation started. The intensification of rice production in the 30's is reflected in the even growth of the area sown with rice.

Significant rice production in Hungary started only after the Second World War. From 1951 on large-scale farms took over the role of the small peasant farms.

The rice disease (bruzone) which appeared in 1955 and the decrease in profitableness reduced for a short time the enthusiasm for rice production. From the middle of the 60's onward the use of new varieties in production and the improvement of the profitableness had a favorable effect on production and to this day a moderate growth of the area sown can be observed.

The area sown with rice and its average yield since 1939 have changed in the following way (*MEZŐGAZDASÁGI ADATTÁR, 1965, STATISZTIKAI IDŐSZAKI KÖZLEMÉNYEK, 1969*):

Year	Area	Average yield
1939	99	25,0
1944	8 500	20,0
1950	25 700	19,3
1955	87 500	4,6
1960	48 037	9,3
1969	38 356	13,0

In the 19th century the Italian varieties Nostrale (with long vegetation period) and Mellone (with short vegetation period) were grown in Hungary.

From the 30's of the 20th century onward the *Bánlaki*, *Varsányhelyi*, *Restano*, *St. Giacomo*, *Arpa Shali*, and *Dunghan Shali* varieties came into general use. F. SCHÜLLER and F. SZELÉNYI bred (developed the Hungarian *Ömirt* varieties from *Dunghan Shali*) a variety of Korean origin, for a long time grown in the Soviet Union. From 1939 on till the end of the 50's the *Dunghan Shali* and *Ömirt* varieties were grown in Hungary.

The Hungarian rice is a starchy variety of excellent quality. Its water absorption capacity is 3 to 4 times its own weight, it does not become sticky, its protein content is 8—12% (GY. BORA 1956, E. TAJTI 1959). However, the resistance of the kinds grown here to disease is not adequate. From the end of the fifties onward several foreign varieties were temporarily grown. From the beginning of the sixties new improved Hungarian varieties, such as *Kákai 203*, *Kákai 162*, and the early *Szarvasi* began to be used for growing. The productivity, quality, and disease-resistance of the new varieties are good.

Before the second world war the rice requirement of the population was satisfied by import. In the fifties our rice export to the European countries was important, which meant foreign currency income for the national economy. By the end of the fifties our rice export fell to a minimum, and since the beginning of the sixties the need of the country has been met from large bulks of import.

The most important task of Hungarian rice research today is to breed disease-resistant varieties having good qualities.

Fundamental in this subjects is F. SCHÜLLER's bibliographical work (1960), which gives information on the results of the researches at home and abroad.

The symposium of the Agronomic Department of the MTA on the diseases of rice (1958) attests the extensiveness of the Hungarian researches. Among

others the symposium concluded that the weather has an important role in the creation of the environmental conditions favorable to bruzone (R. WAGNER, J. PODHRADSKY, J. KULIN, S. POLGÁR, G. PÁLFI, J. SIMON). In connection with the improvement and production of rice the work of the researchers of the Research Institute of Szarvas for Irrigation and Rice cultivation is very important in our days.

Our paper contributes a few data to the investigation of the climatological conditions of rice production.

R. WAGNER has dealt extensively with the climate of the Hungarian paddy fields and rice stands (1957, 1966, 1967). According to his findings the weather has a direct and — by creating favorable environmental conditions for the rice diseases — an indirect effect on rice production.

I. KISS (1959) brought the bruzone damage of 1955 into connection with prefrontal weather conditions.

N. BACSÓ (1963) indicated the line Barcs—Szigetvár—Székesfehérvár—Szolnok—Debrecen as the northern boundary of rice-growing in Hungary. This line is the northern boundary of the 21° isotherm and the 3100 °C heat total. The vegetation period is 125—140 days. In this period the total of the sunshine duration is 1308—1400 hr. According to E. OBERMAYER and D. BERÉNYI rice needs a daily mean temperature of 13 °C during germination, 22—24 °C during flowering, and 19 °C during ripening.

In Hungary rice-growing by flooding is cultivated. Rainfall in moderately warm years poor in sunshine has a negative effect on the average yield.

R. WAGNER (1957) found that from the point of view of rice diseases it is not sufficient to investigate the monthly mean values of the climatic elements of given area.

Our present paper dealing with the investigation of the vegetation period serves as a basis for the study of rice stands and the microclimate.

Keeping the above things in mind we search the connections between the weather of the vegetation period (1 April—30 September) and the average yield of rice in the southern Alföld (Great Plain) on the basis of the meteorological data of 20 years (1955—1970). (The average yield data refer to Csongrád county, the meteorological data are observations of the climatological station of the University of Szeged.)

MRS. SIMON, IBOLYA KISS (1960) tried to distinguish the phenophases of rice. In investigating the climatic conditions of the different years special attention is given to the critical periods of panicle development and flowering. On the basis of long experience with several varieties we can say that the period of panicle development and flowering generally lasts from July 25 to August 5.

In this period the light requirement of the plant is great. In the development of the flower buds the measure of illumination is a decisive factor. The heat requirement of the plant is a mean temperature of 22—24 °C at this time. Filling of the spikelets is hindered by cooling of the water.

The weather of the vegetation period

The weather of the 1950's was characterized by the warming up which began at the end of the last century (M. KÉRI 1967). In the 1960's a cooler, more changeable period began.

This can be measured also on the basis of the amount of the sunshine hours of Szeged. Between 1951—1960 the average of the sunshine hours of the vegetation periods was 1576,4 hours, between 1961—1970 it was 1547,9 hours, the difference being 28,5 hours. This difference is not evenly distributed over the six months of the vegetation period. The greatest difference is found in the month of August covering the periods of panicle development, flowering and filling of the spikelets. Between 1951 and 1960 the average duration of sunshine in August was 20,9 hours more than in the decade 1961—1971. In the other months of the vegetation period this difference does not exceed 6 hours.

The more changeable summer weathers affected of course the development of our cultivated plants. The rainy weather was favorable for some plants but unfavorable for rice, which has a great heat requirement.

In the fifties — if we take into consideration also the year 1955, in which the weather was extreme in several respects — the average yields of rice were higher than in the sixties. No doubt a more changeable period in the weather contributed to this. Searching for the cause of the variations in the average yields, we present the diagram of the mean temperature, rainfall and sunshine duration in each month of the vegetation period of 20 years (Fig. 1). (The scale on the left shows the absolute values, the one on the right shows the + and — deviations from the mean of 50 years.)

The mean value of the average yield of 20 years calculated for 1 Hungarian cadastral acre (0,7 hectare) is 22,2 cwt. The yield was below the average in seven years (1955, '59, '61, '64, '65, '66, '70), above the average in 12 years, and agreed with the average in 1 year.

Now let us examine the weather of the vegetation period in the seven years with poorer yields.

R. WAGNER (1957) and I. KISS (1959) examined the year 1955 of poor yield by a day by day analysis. We give here an overall characterization of the vegetation period.

The spring began with adverse conditions. The mean maximum and minimum were very low in April (12,9 and 3,7 °C respectively); the mean temperature was also the lowest in 20 years (8,5 °C) at that time, i. e. 2,9 °C lower than the average of 50 years. There was no scarcity of sunshine, indeed there was a surplus of 25,1 hours.

In May and June there was little precipitation. There was no significant warming up. The monthly mean temperature amplitude was rather great in both months. (10,1 and 10,8 °C respectively).

By creating favorable conditions for plant diseases the cool summer caused damages in the critical periods of panicle development and flowering of rice. The large amount of rainfall (90 mm more than the average of 50 years) was accompanied by heavy cloudiness. The duration of sunshine was 94,5 hours less than the average of 20 years. August was still poor in sunshine, with little evaporation, and the relative humidity (72%) had the second highest value in 20 years.

In 1959 the weather of April and May agreed with the average. In June there was 102 mm of precipitation. In July there was lasting cloudiness and the duration of sunshine was 46 hours less than the average of 20 years. The weather of the remaining part of the vegetation period did not differ from the usual. The unfavorable weather preceded the generative phase, this is why there was no similar decrease in the yield as in the year 1955.

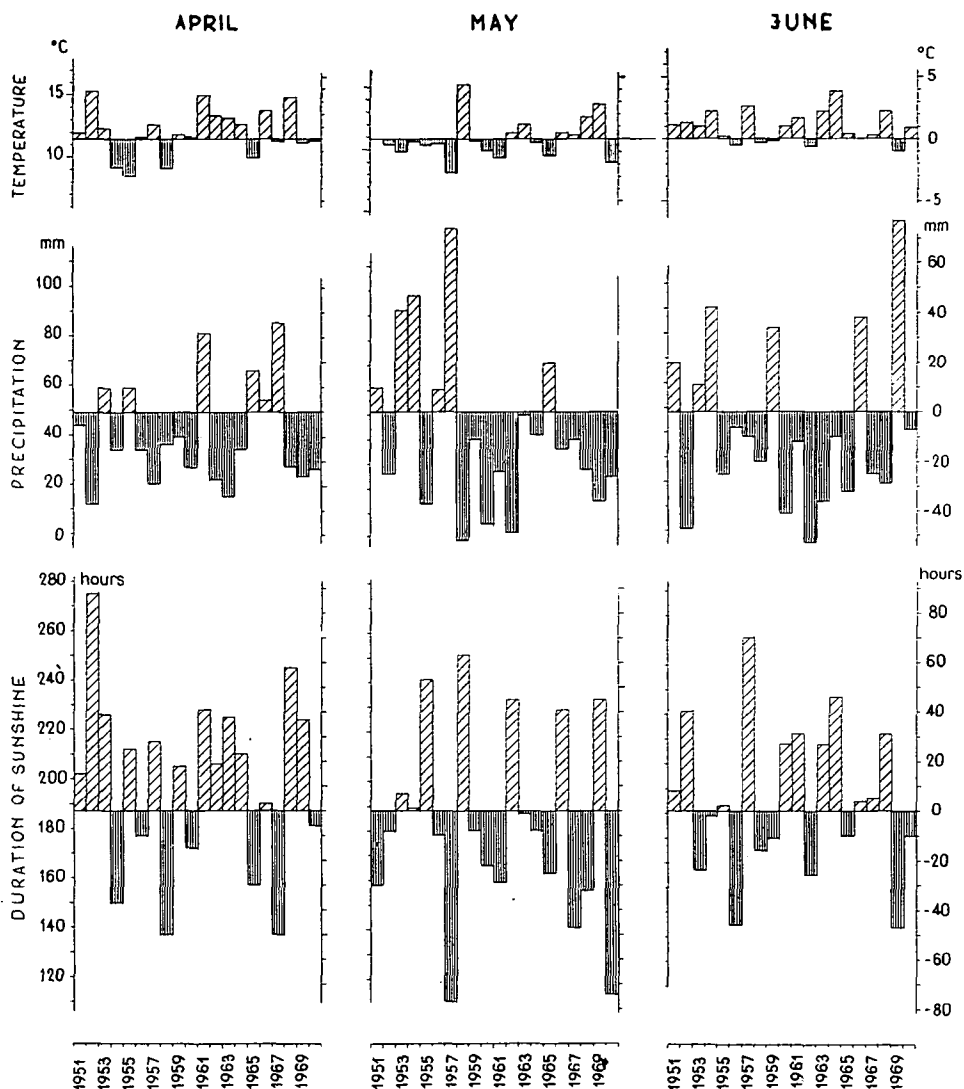


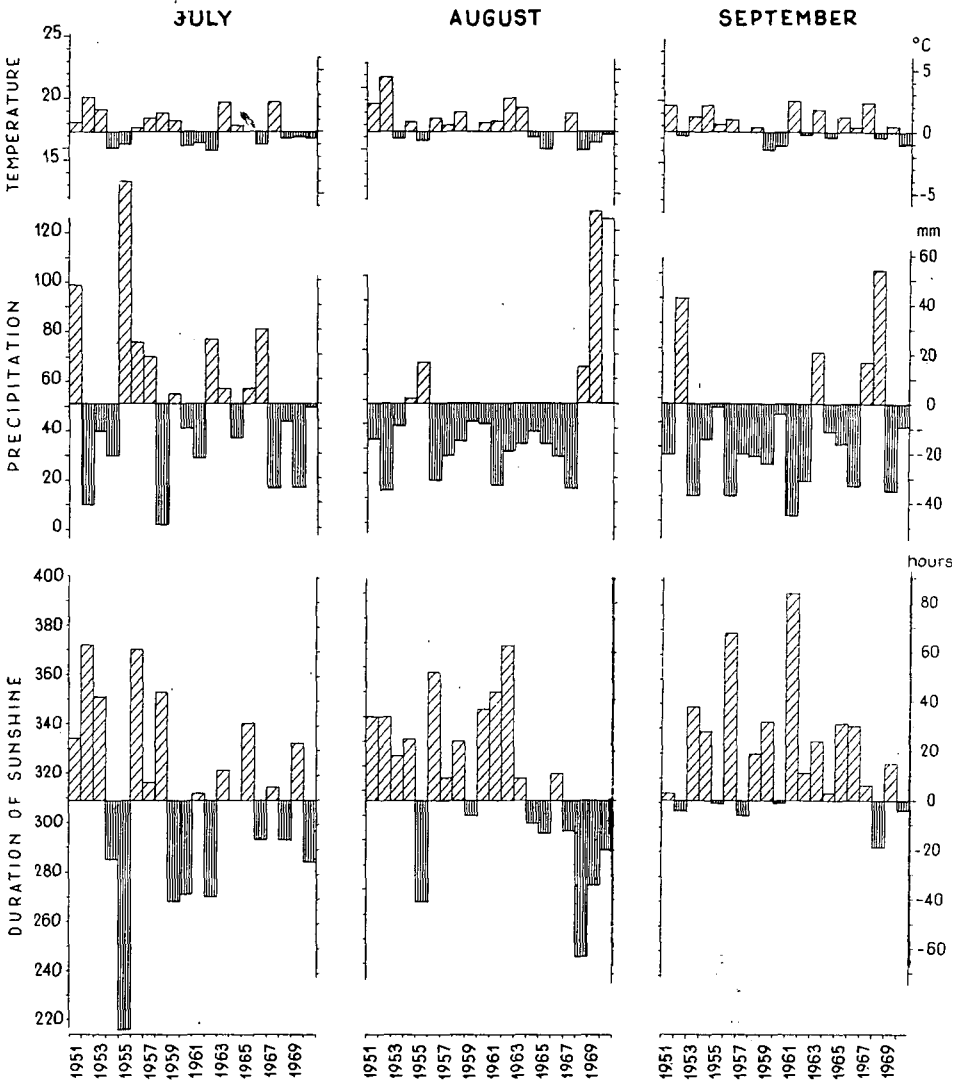
Fig. 1. The monthly mean temperature total precipitation and sunshine hours in the vegetation period between 1951 and 1970 at Szeged. The horizontal axis shows the average of 50 years.

At the end of April and in May in 1961 the cool weather hindered the development of rice. In May the mean maximum (19,2 °C) was the lowest after 1957. The monthly mean temperature was 1,5 °C lower, the duration of sunshine 38,5 hours less than the average of 50 years.

In the initial phase of vegetative development the plant did not receive the necessary amount of light.

Although June and July with normal weather were followed by sunny, dry August and September, the earlier unfavorable effects of the weather in the vegetation period reduced the average yield.

In 1964 the spring was cool everywhere in the country. In Szeged the weather in April and May was the same as the average of 20 years. The mean maximum, minimum and the mean temperature were the highest in this year if the months of June are compared. In June and August periods of intense warming up and cooling off alternated. In the first decade of August the duration of sunshine decreased, and this had an unfavorable effect on the filling of the spikelets.



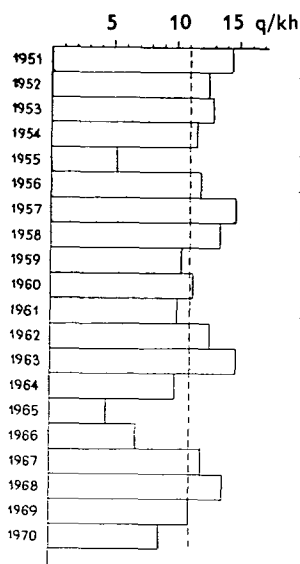


Fig. 2. The average yield of rice in Csongrád county between 1951 and 1970.

The broken line is the mean value of the average yield of 20 years. The unit q/kh means 2 cwt/0,7 hecture.

The lowest average yield (8,8 cwt/Hca) was in 1965. In April and May the reainfall was higher, the mean temperature lower, than the average of many years. June was characterized by the scarcity of sunshine. In June and July the air humidity was high (71 and 67% respectively). In August the mean temperature was 2 °C lower and the duration of sunshine 21 hours less than the average of 20 years. The alternation of warming and cooling every 5 to 6 days in August had an unfavorable effect on the flowering and grain development of rice.

The yield increased somewhat in 1966, yet this was the year with the poorest harvest. The favorable spring weather was followed by a rainy June and July. In June the rainfall exceeded the average of 20 years by 44,4 mm and in July by 29,7 mm.

The large amount of rainfall was very unfavorable. In the period of stem formation and panicle development of the plant there was no lasting rmwa spell. In July the duration of sunshine remained 15,4 hours below the average of 50 years.

The year 1970 was characterized by a scarcity of sunshine. In none of the months of the vegetation period did the duration of sunshine reach the average of many years. The greatest scarcity of suninesh was in July and August with 26,9 and 28 hours negative deviation. Between July 15 and 18 there were 35,3 mm of precipitation. In 4 days the mean temperature fell morethan 10 °C.

In August the precipitation exceeded the average of 20 years by 80 mm. The cloudiness was lasting. The air humidity reached 68%.

The weather of July and August greatly influences the amount of the yield that can be expected as these two months comprise the periods of stem forming, panicle development and filling of the spikelets.

Let us now survey the diagrams of the mean temperatures and the mean maxima and minima of June and August in 20 years. (Fig. 3).

Yields were higher than average in the years when the mean temperatures of July and August, the mean maxima were much higher than the average of 20 years.

In the years with poorer harvest the mean temperature and the mean maxima and minima were below the average or near to it.

In the years 1955, '65, '66 and '70 the unfavorable July and August weather was responsible for the low average yields.

In the following we try to find connections between the average yield and the different weather factors in the course of 20 years using mathematical statistical methods.

The character of the connection is first determined by the method of dot diagrams. The mean temperature of July and August, as well as the duration of sunshine in August, is in positive correlation with the average yield. (Fig. 4).

When this method was used, the precipitation showed no close correlation

with the average yield. Using this method we got an answer also to the question, which factors must be compared with the help of the linear regression of two variables.

The dependent variable is the average yield, independent variables are the values of the different weather elements. On the basis of the calculation of the correlation with two variables we obtained the value of the correlation coefficient (r) and we drew the regression lines ($Y' = \bar{Y} \pm bx$). We determined the square difference between the real and the calculated values of the dependent variable or the standard error (S_y) and the relative error expressible in percentage (H_r).

The correlation coefficient of the mean temperature in July and the average yield is 0,4464, the correlation coefficient of the mean temperature in August and the average yield is 0,4263. The linear correlation exists, but it is not close. If we consider the mean temperature in July as an independent variable, then 50% of the points is at the S_y value and 60% within the permissible 2 S_y values; this distribution is not correct, the relative error is 23,6%.

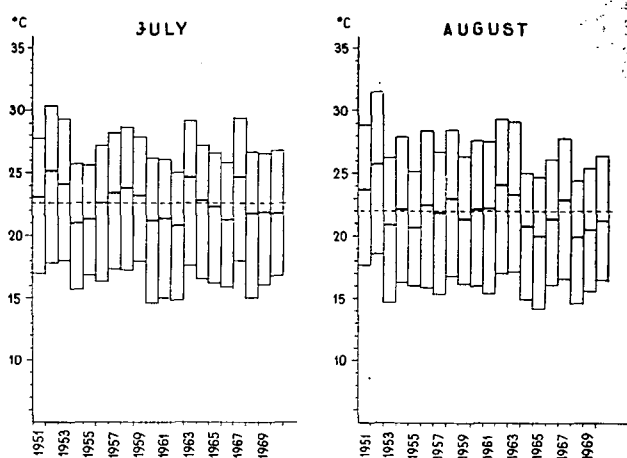


Fig. 3. Temperature amplitudes in July and August. The top level of the columns shows the maximum, their lower level the mean minimum. The continuous line in the columns indicates the monthly mean temperature, the broken line the mean temperature of 20 years.

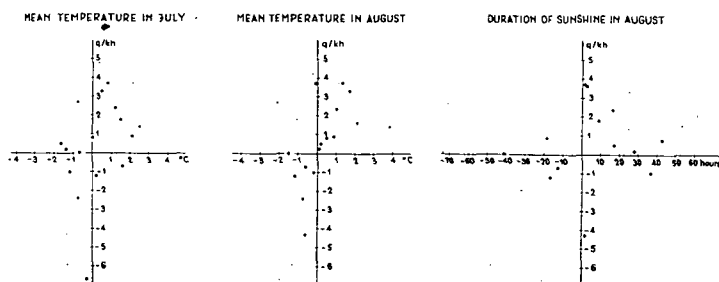


Fig. 4. The correlation of the average yield with the mean temperature of July, the mean temperature of August, and the duration of sunshine in August. The vertical axis shows the deviation from the average yield of 20 years, the horizontal axis shows the deviation of the weather factors from the average of 20 years.

Taking the mean temperature in August as an independent variable, 55% of the points will be within the S_y value and 75% of them within the 2 S_y value. Here too, owing to some years with poor average yields, the relative error is great, 24,1%.

In the case of the duration of sunshine in August the correlation coefficient shows a closer correlation, but the relative error is great here too.

In the case of the monthly mean values we have a more realistic approximation if we examine the variation of the average yield as a function of the weather factors in the period of panicle development and flowering (July 25 to August 5). (In each year we took asabasis the average of the sums of the daily mean temperature and the duration of sunshine in the above-mentioned 12 days.) In this case we did not take into consideration on the basis of the monthly means the years 1955, '57, '63, '65, '66 and '68, which differed much from the average regarding the yield or the weather.

The totals of the mean temperature and the duration of sunshine are in linear correlation with the average yield; their unit growth causes an increase in the average yield (within optimal limits).

The correlation coefficient for the mean temperature is 0,3705, for the duration of sunshine 0,4005. Here too, the correlation coefficient shows no close correlation.

The regression line affords information about the nature of the correlation. (Fig. 5). In the case of the temperature 85,6% of the points, in the case of the duration of sunshine 85,7% of the points is located within the limits of the allowed 2 S_y , the relative error is 12,0 and 11,5! respectively. This distribution may be considered normal.

An important result of the calculation is the parameter b , which shows to what extent the unit change of the independent variable (in this case the weather factors) influences the value of the dependent variable (average yield). As the connection between the different variables is not strong, the values of the parameters can only be considered orientational.

The parameter of the mean temperature and average yield is 0,38; the parameter of the duration of sunshine and the average yield, 0,79.

Rice is an acclimatized plant in Hungary, so it is understandable if in the most critical period of panicle development and flowering even a

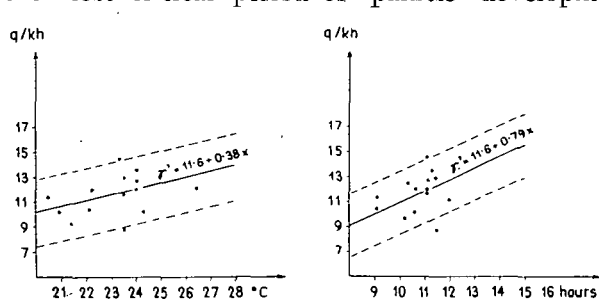


Fig. 5. Regression of the average yield with the mean temperature and the duration of sunshine (between July 25 and August 5). The continuous line is the regression line, while the broken line is the permissible limit of the standard error (2 S_y).

slight change in the weather may result in a considerable decrease in yield. Determination of the correlation for just one phenophase is not sufficient. The calculation must comprise all the phenophases. It is possible that in the less sensitive phenophases of the plant the connection will be more clearly demonstrable also by mathematical methods.

Summarizing we

can say that one of the most important conditions of rice cultivation in Hungary is the weather. The average yield is reduced by scarcity of sunshine, cool or rainy weather in the vegetation period. There were high average yields in the extremely warm years. The sunshine and heat requirement is greatest in the months of July and August, which comprise the periods of stem forming, panicle development and flowering. But scarcity of light delays the development of the plant already from the beginning of the vegetative phase. Too much humidity in the air is harmful because it creates conditions favorable to diseases.

Trying to find connections between the average yield and the weather factors by mathematical statistical methods we found a positive correlation between the average yield and the mean temperature as well as between the average yield and the duration of sunshine. On the basis of these facts it can be said that the monthly mean values are not adequate for the determination of the measure of the correlation. The investigation must comprise the phenophases also. With the help of mathematical statistics we can later attempt to foretell the probable volume of the rice harvest.

REFERENCES

- A rizs nemesítése és termesztése komplex kutatásának célprogram vázlata 1970—1978.* (1969) Öntözési és Rizstermesztési Kutató Intézet, Szarvas.
- AUJESZKY, L.—BERÉNYI, D.—BÉLL, B. (1951): *Mezőgazdasági meteorológia.* Akadémiai Kiadó, Budapest.
- BACSÓ, N. (1963): *Bevezetés az agrometeorológiába.* Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- BASKAI TÓTH, B.—LÁNG, G. (1952): *Növénytermelés tan.* Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- BERDE, Á. (1847): *Légtümeménytun, s a két Magyarhon éghajlatviszonyai, s ezek befolyása a növényekre és állatokra.* Kolozsvár.
- BERÉNYI, D. (1931): *Az időjárási elemek és a mezőgazdasági növények terméseredménye közötti összefüggést kutató módszerek.* Debreceni Szemle, 44.
- BORA, GY. (1956): *A rizstermesztés Magyarországon.* Földrajzi Közlemények, 80.
- DAVITAJA, F. F. (1970): *Problema ovlađenija klimatom i pogodoj dlja celej narodnogo hozjajsztvo.* Időjárás, 74.
- KÉRI, M. (1959): *A vizsgált időszak időjárási viszonyai.* In the work „Trágyázási kísérletek”. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- KISS, I. (1959): *A rizs barnulósos betegségének problémája és az időjárás.* Időjárás, 63.
- Központi Statisztikai Hivatal (1969): *Mezőgazdasági adatok I.* Statisztikai Időszaki Közlemények, 142. Statisztikai Kiadó, Budapest.
- Központi Statisztikai Hivatal (1965): *Mezőgazdasági adattár I—II.* Statisztikai Kiadó, Budapest.
- KULIN, I. (1958): *Contribution to a debate „A bruzone kérdés újabb elméleti megvilágításban”.* MTA Agrártudományi Osztályának Közleményei, XIV.
- Országos Meteorológiai Intézet (1967): *Magyarország Éghajlati Atlasza II.* kötet. Adattár. Compiled by KAKAS JÓZSEF. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- PÁLFY, G. (1958): *Contribution to a debate „A bruzone kérdés újabb elméleti megvilágításban”.* MTA Agrártudományi Osztályának Közleményei, XIV.
- PENYIGEY, D. (1962): *A rizstermelés múltja és jelene.* In the work „A rizs és termesztése.” Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

- PODHRADSKY, J. (1958): Contribution to a debate „*A bruzone kérdés újabb elméleti megvilágításban*”. MTA Agrártudományi Osztályának Közleményei, XIV.
- POLGÁR, S. (1958): Contribution to a debate „*A bruzone kérdés újabb elméleti megvilágításban*.” MTA Agrártudományi Osztályának Közleményei, XIV.
- REINHARDT, L. (1911): *Kulturgeschichte der Nutzpflanzen*. Verl. E. Reinhardt, München.
- SCHÜLLER, F. (1960): *A rizs*. (Dokumentation of matter II.) Országos Mezőgazdasági Könyvtár és Dokumentációs Központ, Budapest.
- SIMON, J. (1958): *A magyarországi rizsbetegségek nemesítési vonatkozásai*. MTA Agrártudományi Osztályának Közleményei, XIV.
- KISS, IBOLYA (Mrs. SIMON) (1960): *Adatok a rizs biológiájához és agrotechnikájához*. Dissertation for obtain the quality for a candidate's degree. Manuscript
- VON BERGNEGG, S. (1929): *Tropische und subtropische Weltwirtschaftspflanzen*. Ihre Gesch. Kultur u. volksw. Bed. Verl. v. Ferdinand Enke, Stuttgart.
- TAJTI, ERZSÉBET (1959): *A világ rizstermelése*. Földrajzi Közlemények, 83.
- THEISS, E.—PÁRNICZKY, G. (1958): *Korreláció és trend számítás*. Közgazdasági és Jogi Kiadó, Budapest.
- WAGNER, R. (1957): *Adatok a kopáncsi rizsföldek éghajlatához*. Időjárás, 61.
- WAGNER, R. (1958): *A mikroklima hatása a rizs megbetegedésére*. MTA Agrártudományi Osztályának Közleményei, XIV.
- WAGNER, R. (1965): Die Temperatur des Bodens, dess Wassers und der Luft in Kopáncs I. Teil. Acta Clim. Univ. Szegediensis, Tomus IV—V. Fasc. 1—4. Szeged.
- WAGNER, R. (1966): Die Temperatur des Bodens, dess Wassers und der Luft in Kopáncs II. Teil. Acta Clim. Univ. Szegediensis, Tomus VI. Fasc. 1—4. Szeged.
- WAGNER, R. (1967): Contribution to a lecture of L. CSELÓTEI „*A meteorológia szerepe az öntözés megalapozásában*”. Agrártudományi Közlemények, 26.

RELATIONSHIP AMONG THE DRY MATTER PRODUCTION OF NATURAL PLANT COMMUNITIES AND WEATHER ELEMENTS

by I. PRÉCSÉNYI

Zusammenfassung: (Zusammenhang zwischen der Trockenmaterialproduktion von natürlichen Pflanzengemeinschaften und den Wetterelementen) Dieser Aufsatz befasst sich mit den Zusammenhängen, welche der Trockenmaterialproduktion von zwei Pflanzengemeinschaften (*Artemisietum* und *Peucedanetum*) und den Veränderungen gewisser meteorologischen Elemente (Monatsmitteltemperatur, monatliche Niederschlagsmenge, relative Feuchtigkeit, monatliche Globalstrahlung) bestehen.

Die Produktion von *Artemisietum* erweist eine kräftige positive Korrelation mit den Veränderungen der Monatsmitteltemperatur und der monatlichen Globalstrahlung. Nach den Ergebnissen einer Path Analysis werden die Veränderungen der Produktivität in erster Reihe durch die Veränderungen der monatlichen Mitteltemperatur beeinflusst.

Die Produktivität des *Peucedanetum* zeigt eine kräftige positive Korrelation mit der monatlichen Globalstrahlung. Unter den Koeffizienten der Path Analysis, die betreffend der Veränderungen der verschiedenen meteorologischen Elemente durchgeführt wurde, ist der Koeffizient für die monatliche Niederschlagsmenge eine negative, und die übrigen Koeffiziente sind alle positiv und einander fast gleich.

Summary: This paper is dealing with the relationship existing between the dry matter production of two plant communities (i. e. *Artemisietum* and *Peucedanetum*) and the variations of some meteorological elements (monthly mean temperature, monthly precipitation amount, relative humidity, monthly sums of global radiation).

The productivity of *Artemisietum* is exhibiting a strong positive correlation to the variations of monthly mean temperature and to the monthly sum of global radiation. According to the results of path analysis, the variations of productivity are primarily influenced by the variations of monthly mean temperature.

The productivity of *Peucedanetum* is exhibiting a strong positive correlation to the monthly sum of global radiation. From the path coefficients among the variations of the meteorological elements investigated, that for the variation of the monthly precipitation amount is negative, the remaining ones are positive ones having values being one close to the other.

The investigation of the dry matter production of natural plant communities is becoming still more important as a matter of theory and of practice. (IBP and MAB programs.) As compared to efforts concerning managed plant communities, very few attempts were made for evaluating the relationships existing among the dry matter productions of natural plant communities and the various weather elements.

There are several problems arising from an investigation on the relationship existing among the dry matter production of plant communities and the

results of climatological measurements. Microclimatological measurements are mostly restricted to some shorter periods of the growing season. Such series of observations, although they are of a high importance, are barely utilizable ones in an immediate way for making evaluations in production studies, as production studies are extending to the whole of the growing season. If there were a possibility of extrapolating from the relatively short microclimatological series, or if the relationships existing among the macro-, meso- and micro-climates were known, there would be a possibility of using microclimatological data in the valuation of productivity studies. Further, the question is arising in connection to the utilization of microclimatological measurements, whether such data may be used for the whole of the plant community. Microclimatological influences may be consisting primarily in such factors which are exerting their effects on the populations or, respectively, on the individuals constituting the plant communities. This effect may be a variable one not only in the sense that some populations are reacting in a different way (e. g. their photosynthetic activities are different ones according to the phase of evolution of the population), but also in the sense of the pattern of microclimatological elements. The latter factor is, however, changing at every moment, which is followed only with a certain lag by the behaviour of plants. Microclimatological measurements have an important role primarily in studies on respiration and photosynthesis and they are connected through this feature to the productivity studies. Concerning these investigations, there exist still a number of unsolved problems (GATES 1968). The productions by plant communities as a whole are mainly influenced, in addition to environmental factors, by mesoclimatical conditions.

Plant communities are possessing various species compositions, the capability of producing dry materials of the various components being different ones, and it is changing also according to abiotic environmental conditions. It can be considered as a general feature in herbaceous communities of the temperate zone that the supraterranean dry mass is increasing from spring summer and it is decreasing from summer to autumn.

The productivities of plant communities are given for units of area and units of time (weight \cdot area $^{-1}$ time $^{-1}$). This is essentially expressing the speed at which the plant community in question is producing. The variation of weather elements can be expressed in a similar way (e. g. variation of temperature. day $^{-1}$). In this case, we are obtaining the speed of change for the various elements. In both cases, one is able of studying the sense and the average speed of the change. It may be presumed that such an expression of the variation of weather elements is suitable for an evaluation of productivity studies.

Plant communities investigated

In this paper, the productivities of two plant communities are investigated: *Artemisio-Festucetum pseudovinae* (in the following shortly called *Artemisietum*), and *Peucedano-Galatellethum punctati* (in the following shortly called *Peucedanetum*), in connection to the variations of weather elements. Both communities were studied within the so-called „Tilos erdő” (defended forest) nature conservancy area at Újszentmargita. A detailed description of these communities is to be found in the papers of MÁTHÉ—TALLÓS—ZÓLYOMI

(1967), MÁTHÉ—TALLÓS (1967), TALLÓS—TÓTH (1969). On the phenology of the dominant species of these communities MÁTHÉ (1967, 1968) and on their productivities PRÉCSÉNYI (1969) and ZÓLYOMI—PRÉCSÉNYI (1970) have reported.

The *Artemisietum* is consisting of small grasses and grass-like plants, the *Peucedanetum* consists of low and tall grasses and tall herbaceous plants. *Artemisietum* is found at alkaline soil spots, while *Peucedanetum* is found on forest clearings which are not alkaline.

Meteorological observations

On the sample area mentioned, the staff members of the Meteorological Institute of the Kossuth L. University at Debrecen are conducting the observations. Observations are executed since 1967 during the whole year concerning temperature, precipitation, relative humidity, global radiation, number of insolation hours, etc. On the microclimatological conditions of the sample area, the paper of BERÉNYI—NAGY (1968), and concerning the radiation conditions within the forest from which the samples are taken, the paper of NAGY (1970) are yielding information.

Material and Method

As a basis of this paper, the following data were used: the variations in the dry weight of the green plant parts of both communities during the period 1967—1969 (Table 1); variations of the monthly mean temperature, the monthly precipitation amount, the relative humidity and the monthly sum of global radiation during the period in question (Table 2). The days of sampling are shown in Table 1. Sampling was carried out by using a harvest method, grass is harvested from an unit area, the living parts are separated from the non-living parts and after a drying at 105 centigrades their weight is determined. The continuous meteorological observations are carried out at the sampling area and on the neighbouring meteorological station.

In the course of the analysis, we made use of correlation calculus and of path analysis (SVÁB 1967, LE ROY 1960).

Results

The daily dry matter production of *Artemisietum* is exhibiting a close relationship to the variations of the monthly mean temperature and of the monthly sum of global radiation

Table 1 Productivity of the living subterranean parts of <i>Artemisietum</i> and <i>Peucedanetum</i> (g . m ⁻² day ⁻¹)			
Day of sampling <i>Artemisietum</i> <i>Peucedanetum</i>			
1967			
20.4			
20.6.	+4,0163		+6,8032
22.9.	—0,6043		—0,0891
1968			
18.4.			
19.6.	+2,9000		+2,2000
18.9.	—0,6043		—0,7362
1969			
18.4.			
19.6.	+2,9333		+5,9333
25.9.	—0,6632		—0,5000

Table 2
Variation of the weather elements

Year and month	a	b	c	d
1967				
4.				
6.	+0,134	+0,672	+0,016	+0,121
9.	-0,005	-0,086	0,000	-0,081
1968				
4.				
6.	+0,145	0,000	-0,200	+0,058
9.	-0,059	+0,538	+0,285	-0,089
1969				
4.				
6.	+0,145	+0,016	+0,016	+0,015
9.	-0,026	-0,326	0,000	-0,019

a = monthly mean temperature, centigrade
b = monthly precipitation amount (mm)
c = relative humidity
d = monthly sum of global radiation (cal . cm⁻²)

Table 3
Correlation coefficients between the variations of meteorological elements and among these variations and the productivity of plant communities

	b	c	d	x	y
a	0,132	-0,656	0,843**	0,923***	0,751*
b	—	0,498	0,293	0,264	0,414
c		—	-0,557	-0,526	-0,257
d			—	0,961***	0,831**

The meaning of the symbols a, b, c and d are the same as in Table 2.

x = productivity of *Artemisietum*

y = productivity of *Peucedanetum*

* = significant on the confidence level of 10%

** = significant on the confidence level of 5%

*** = significant on the confidence level of 1%

(Table 3). *Peucedanetum* is exhibiting a similar behaviour, however, the relationship is this time not so a strong one as in the case of *Artemisietum*. Concerning the variation of monthly precipitation amount, the productions of both communities are showing a positive (not reliable) and with the variation of relative humidity a negative (notreliable) correlation.

According to the results of path analysis, the dry matter production of

Table 4
Table of results of path analysis
1. path coefficients
2. percentual participation of various factors

1.	P _a	P _b	P _c	P _d	P _E
<i>Artemisietum</i>	0,829	0,106	0,029	0,117	0,353
<i>Peucedanetum</i>	0,499	-0,209	0,634	0,824	0,436

1. Influences	P _a	Direct P _b	P _c	P _o	Indirect	Other P _E	Total
<i>Artemisietum</i>	68,8	1,1	0,1	1,4	16,1	12,5	100%
<i>Peucedanetum</i>	24,9	4,4	40,2	67,9	56,4	19,0	100%

P_a, P_b, etc. = path coefficient between the variation of the correspondent weather element and the productivity of the correspondent plant community; meaning of the symbols a, b, c and d as given in Table 2; P_E = error path coefficient.

Artemisietum is primarily influenced by the variation of the monthly mean temperature (Table 4). The influences of the factors not evaluated is considerably greater than that of the other factors, with the exception of monthly mean temperature.

In the case of *Peucedanetum*, the results are not as homogeneous ones. In this case, the variations of global radiation and relative humidity are yielding path values very close one to the other, and not by much smaller are the path values concerning the variation of monthly mean temperature and of the error (Table 4). While, in the case of *Artemisietum*, not one of the path values had been negative, in this case we have between the variations of the monthly precipitation amount and of the dry matter production a negative path coefficient, though its absolute value is not a large one. The importance of the variations in relative humidity has not been demonstrated by the correlation calculus, it is made evident only by the path analysis (the correlation coefficient between relative humidity and the productivity is a negative one, while the corresponding path coefficient is a positive one).

It is worth to notice that, among the immediate influences, for both plant communities, the values for monthly mean temperatures and for global radiation are the positive ones.

The following table is showing the path coefficients for both plant communities according to their order:

Factor	a	b	c	d	other
<i>Artemisietum</i>	1	4	5	3	2
<i>Peucedanetum</i>	3	5	2	1	4

The meanings of the symbols a, b, c and d are given in Table 2.

Here it is shown in a conspicuous way how different are the influences exerted by the same variations of the weather conditions on the two kinds of plant communities.

To the results of this analysis, the following remarks could be made:

a) The meteorological observations were carried out not within the plant communities mentioned, but on the meteorological station (the problem of the usability of observations made not immediately within the crop has been discussed by ZÓLYOMI—PRÉCSÉNYI 1971);

b) The results seem to be, in spite of the low number of elements ($n = 6$) rather reliable ones. Actually, *Peucedanetum* is located on the forest clearings or between the skirts of the forest and *Artemisietum*. The soil of *Artemisietum* is from early summer dry, only the water originating from precipitation is occasionally accumulating in its surface. The soil of *Peucedanetum* is wet during almost the whole of the growing season, its microclimate is moist, damp, humid, which, is a consequence of its location. Moreover, as a consequence of horizon limitation, radiation does not reach it continually, in contrast to *Artemisietum* (BERÉNYI—NAGY, 1968). At the same time, within *Artemisietum*, which has a „lesser shielded” location, a strong irradiation may be assumed.

REFERENCES

- BERÉNYI, D.—NAGY, L. (1968): Mikroklima mérések az Újszentmargitai védett erdőben és annak környékén (Microclimatological observations within the Nature Conservancy Forest of Újszentmargita and its surroundings), *Acta Geogr. Debrecina*, 14, 35—43.
- GATES, D. M. (1968): Toward understanding ecosystems. *Adv. Ecol. Res.*, 5, 1—35.
- LE ROY, H. L. (1960): *Statistische Methoden der Populationsgenetik*. Birkhäuser, Basel-Stuttgart.
- MÁTHÉ, I. (1967): Néhány adat az újszentmargitai erdő fenológiai ritmusához (Some data on the phenological rhythm of the Újszentmargita forest). *Bot. Közlem.*, 54, 185—191.
- MÁTHÉ, I. (1968): Fenológiai és fitomassza-vizsgálatok Újszentmargitán (Phenological and phytomass investigations at Újszentmargita). *Bot. Közlem.*, 55, 205—214.
- MÁTHÉ, I.—TALLÓS, P. (1967): *Artemisio-Festucetum pseudovinae*. In: *Guide d. Exkurs. internat. geobot. Symp., Eger—Vácátót, MTA KESZ. Soks.*, p. 63—64.
- MÁTHÉ, I.—TALLÓS, P.—ZÓLYOMI, B. (1967): *Peucedano-Galatellietum punctati*. In: *Guide d. Exkurs. d. internat. geobot. Symp., Eger—Vácátót, MTA KESZ. Soks.*, p. 62—63.
- NAGY, L. (1970): Angaben zu den Strahlungsverhältnissen des Waldes. *Acta Climat. (Szeged)*, 9, 49—58.
- PRÉCSÉNYI, I. (1969): Analysis of the primary production (phytobiomass) in an *Artemisio-Festucetum pseudovinae*. *Acta Bot. Hung.*, 15, 309—325.
- SVÁB, J. (1967): Biometriai módszerek a mezőgazdasági kutatásban (Biometric methods in agricultural research). *Mg. Kiadó, Budapest*.
- TALLÓS, P.—TÓTH, B. (1969): Az újszentmargitai sziki reliktum erdő termőhelyi adottságai, növénytársulásai és kapcsolatuk a fatermesztési lehetőségekkel (Site conditions, plant associations of the relict forest at Újszentmargita on alkali soil and their

connections with sylviculture). Kísérletügyi Közlem., 61/D, Erdőgazd. Faipar, 1—3, 75—107.

ZÓLYOMI, B.—PRÉCSÉNYI, I. (1970): The production of the undergrowth and forest steppe meadow in the forest at Újszentmargita. Acta Bot. Hung., 16, 427—444.

INHALT

NOVÁK, Á.: The place of meteorology in the educational activity of Szeged University from 1921 to 1971	3
BÉLI, B.: Über die Windverhältnisse der unteren Troposphäre in Szeged	17
PÉCZELY, GY.: Gestaltung der Niederschlagszuversicht im Einzugsgebiet der Donau.	39
BOROS, J.: Angaben zur Bodentemperatur E- und W-exponierter Hänge	47
BÁRÁNY, ILONA: Contribution to the Climatological Study of Rice — Growing in the Region of Szeged	57
PRÉCSÉNYI, I.: Relationship among the Dry Matter Production of Natural Plant Communities and Weather Elements	69

